۷۳۷ نکته‌ی شیمی

جامع کنکور

شیمی ۲، شیمی ۳ و شیمی پیش

به همراه آزمون جامع

۱- - به کوه‌ها، جنگل‌ها، رودخانه‌ها، مراتع، حیات وحش، خاک، نور خورشید، هوا و... منابع طبیعی می‌گویند.

۲- - منابع تجدیدپذیر به منابعی می‌گویند که خود، برای بهره‌برداری دوباره ترمیم و تکمیل می‌شوند.

۳- - منابع تجدیدناپذیر منابعی هستند که فرآیندهای طبیعی جای خالی آن‌ها را پر نمی‌کنند و یا سرعت تشکیل و جایگزین شدن آن‌ها بسیار آهسته است. مانند نفت، آلومینیوم، مس و... .

۴- - هواکره، آب‌کره و بخش بیرونی سنگ‌کره، منبع تمام موادی هستند که برای همه‌ی فعالیت‌های انسانی مورد نیاز است و انسان از آن‌ها بهره‌برداری می‌کند.

۵- - منابع طبیعی به‌طور یکنواخت در سرتاسر جهان توزیع نشده‌اند.

۶- - قانون پایستگی ماده: اتم‌های موجود در کره‌ی زمین بر اثر واکنش‌های شیمیایی از بین نمی‌روند، بلکه تنها از یک آرایش به آرایش دیگری درمی‌آیند.

۷- - قانون پایستگی جرم: در یک واکنش شیمیایی جرم نه به‌وجود می‌آید نه از بین می‌رود.

۸- - یک مول از هر ذره‌ای(اتم، یون یا مولکول) دارای $۶/۰۲۲ \times ۱۰^{۲۳}$ ذره از آن ماده است.

۹- - به جرم یک مول از اتم‌های یک ماده، اتم‌گرم و به جرم یک مول از مولکول‌های ماده، مولکول‌گرم می‌گویند.

۱۰- - به‌جای اتم‌گرم و مولکول‌گرم، جرم مولی نیز به‌کار برده می‌شود.

۱۱- عناصر به دو دسته‌ی عمده، فلزها و نافلزها تقسیم می‌شوند.

۱۲- - فلزها معمولاً نقاط ذوب و جوش بالا، سطحی براق و درخشان دارند. جریان برق و گرما را به‌خوبی عبور می‌دهند و چکش‌خوار و شکل‌پذیر هستند.

۱۳- - نافلزها، معمولاً نقاط ذوب و جوش پایین و سطحی کدر و گرفته دارند. عایق جریان برق و گرما بوده و شکل‌پذیر نیستند و شکننده‌اند.

۱۴- - دسته‌ای از عناصر شبه‌فلز نامیده می‌شوند و حالتی بین خواص فلزها و نافلزها دارند مانند سیلیسیم(Si) و آرسنیک(As)

۱۵- - دانشمندان با طراحی جدول تناوبی کوشیدند روابط قانون‌مندی را که میان عنصرها یافته‌اند به نظم درآورند.

۱۶- - در جدول تناوبی محل قرار گرفتن هر عنصر با دو ویژگی گروه(یا خانواده) و ردیف(یا تناوب) مشخص می‌شود.

۱۷- - یک گروه(یا خانواده) به ستون‌های عمودی می‌گویند که شامل عنصرهایی با خواص شیمیایی مشابه است.

۱۸- - یک ردیف(یا تناوب) شامل عنصرهایی است که به‌ترتیب افزایش جرم اتمی کنار هم قرار گرفته‌اند.

۱۹- - مندلیف با استفاده از اصل شباهت عنصرهای یک گروه توانست راجع به عنصرهایی که کشف نشده بودند به پیش‌گویی‌هایی دست بزند و شهرت زیادی به‌دست آورد. وی حتی به‌قدری به کار خود اطمینان داشت که در جدول تنظیمی خود، محل عنصرهای ناشناخته را خالی گذاشته بود.

۲۰- - می‌دانیم در هر عنصر تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها منحصربه‌فرد است و بسیاری از خواص عنصرها به‌طور عمده به تعداد الکترون‌ها در اتم آن‌ها و چگونگی قرار گرفتن این الکترون‌ها(آرایش الکترونی) بستگی دارد.

۲۱- - هر مقدار که یک عنصر سریع‌تر وارد یک واکنش شیمیایی معین شود، می‌گوییم واکنش‌پذیری آن عنصر بیشتر است.

۲۲- - دگرشکل یا آلوتروپ: به شکل‌های مختلف یک عنصر که در طبیعت یافت می‌شوند، آلوتروپ می‌گویند. مانند گرافیت، الماس و دوده که دگرشکل‌های عنصر کربن هستند و یا $O_۲$ $O_۳$ که دگرشکل‌های اکسیژن هستند.

۲۳- - زباله در فرهنگ فارسی به‌معنی خاک‌روبه و چیزهای دور ریختنی آمده است.

۲۴- - زباله‌های شهری را پس از جمع‌آوری در محل‌هایی دور از شهر دفن می‌کنند.

۲۵- - فاضلاب شهری و صنعتی را تصفیه می‌کنند تا مواد خطرناک و زیان‌آور به محیط زیست وارد نشود.

۲۶- - زباله‌هایی مانند مواد شیمیایی و مواد پرتوزا(پسماند کوره‌های اتمی) را انبار می‌کنند.

۲۷- - بازگردانی مزایایی از قبیل: حفظ منابع طبیعی، جلوگیری از انتشار مواد آلوده‌کننده، ذخیره کردن انرژی، تأمین مواد خام و اشتغال‌زایی و... دارد.

۲۸- - زباله‌های زیست تخریب‌پذیر به زباله‌هایی می‌گویند که در طبیعت به‌وسیله‌ی موجودات ذره‌بینی به مواد ساده‌تری تجزیه می‌شوند.

۲۹- - زیست‌گاز(بیوگاز) از تجزیه‌ی مواد زیست تخریب‌پذیر ایجاد می‌شود که عمدتاً شامل متان و کربن‌دی‌اکسید است.

۳۰- - با استفاده از چهار اصل: ۱- بازنگری کردن، ۲- کاهش دادن، ۳- باز به‌کار بردن و ۴- بازگرداندن از منابع شیمیایی حفاظت می‌کنیم.

۳۱- - عمده زباله‌های جامد در یک کشور پیشرفته‌ی صنعتی کاغذ و مقوا است(۳۶% جرمی) در حالی‌که در شهر تهران پسماند مواد غذایی بیش از ۷۰% و کاغذ و مقوا حدود ۹% زباله‌های جامد را تشکیل می‌دهند.

۳۲- - کاغذ و مقوا یک منبع تجدیدپذیر و زیست تخریب‌پذیرند، البته سرعت تجدیدپذیری آن‌ها کم است.

۳۳- - مواد پلاستیکی، شیشه و آلومینیم... از منابع تجدیدناپذیرند.

۳۴- - کاغذ و مقوا، مواد پلاستیکی، شیشه و آلومینیم قابل بازگردانی هستند.

۳۵- - پلاستیک‌ها با این‌که جرم کمی دارند ولی حجم زیادی را اشغال می‌کنند.

۳۶- - بازگردانی کاغذ و مقوا از نظر اقتصادی بسیار مهم است. زیرا ۹۰% در مصرف آب، ۵۰% در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌کند و همچنین ۷۵% از آلودگی هوا جلوگیری به‌عمل می‌آورد.

۳۷- - راه‌حل‌هایی که به‌منظور طول عمر منابع شیمیایی مطرح شده‌اند، عبارتند از:
۱- باید در الگوهای مصرف تجدیدنظر شود.
۲- به‌جای دور انداختن کالاها، در صدد استفاده‌ی مجدد از آن‌ها باشیم.
۳- برای مواد پرمصرف جای‌گزین مناسب پیدا کنیم.

۳۸- از نفت بیشتر به‌عنوان یک منبع سوختی استفاده می‌شود و مقدار کمتری از آن برای مصارف دیگر به‌کار می‌رود.

۳۹- - به زغال‌سنگ، نفت خام و گاز طبیعی که از فسیل شدن اجساد و بقایای جانوران و گیاهان به‌وجود آمده‌اند، سوخت‌های فسیلی می‌گویند.

۴۰- - سوخت‌های فسیلی منابعی تجدیدناپذیر هستند.

۴۱- - منابع نفتی به‌طور یکسان در سرتاسر جهان پخش نشده‌اند و ۶۵% آن در خاورمیانه وجود دارد.

۴۲- مولکول‌های نفت(طلای سیاه) دارای دو خصلت مهم هستند: نخست این‌که سرشار از انرژی هستند و هنگام سوزاندن آن‌ها، این انرژی آزاد می‌شود و دوم این‌که می‌توان این مولکول‌ها را به یک‌دیگر تبدیل کرد و مواد سودمندتری از آن‌ها ساخت.

۴۳- - پس از جدا کردن ناخالصی‌های نفت، هیدروکربن‌های باقی‌مانده را با روش تقطیر جزء به جزء پالایش می‌کنند.

۴۴- - در جریان تقطیر، مولکول‌های سبک‌تر و کوچک‌تر بالای برج و مولکول‌های بزرگ‌تر در پایین برج تقطیر جمع می‌شوند.

۴۵- - مولکول‌هایی که کوچک‌تر هستند و از تعداد کربن‌های کمتری تشکیل شده‌اند، نیروهای بین مولکولی ضعیف‌تری دارند و زودتر به جوش می‌آیند. مولکول‌هایی که کربن بیشتری دارند، نیروهای بین مولکولی قوی‌تری دارند و دیرتر به جوش می‌آیند.

۴۶- - شیمی آلی را شیمی کربن نیز می‌گویند. زیرا در ساختار تمام ترکیب‌های آلی، کربن مشاهده می‌شود.

۴۷- - در هیدروکربن‌ها که از کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند، اتم‌ها با پیوند کووالانسی به یک‌دیگر متصل شده‌اند.

۴۸- - در تمام ترکیب‌های آلی، کربن چهار پیوند کووالانسی تشکیل می‌دهد. اتم کربن با این چهار پیوند یا به اتم‌های کربن دیگر و یا به اتم‌های هیدروژن متصل می‌شود و به این ترتیب زنجیرهای کوتاه و یا بلندی از اتم‌های کربن به‌وجود می‌آورد.

۴۹- - در هیدروکربن‌های سیرشده زنجیره‌ای که به‌طور ساده‌تر آلکان‌ها خوانده می‌شوند، تعداد اتم‌های هیدروژن $۲n + ۲$ برابر تعداد اتم‌های کربن است و فرمول مولکولی آن‌ها را می‌توان به‌صورت $C_nH_{۲n + ۲}$ نشان داد.

۵۰- - برای نام‌گذاری آلکان‌ها تعداد اتم‌های کربن را با پیش‌وندهای زیر مشخص کرده و به آن لفظ (ان) اضافه می‌کنند.

۱/ مت ۳/ پروپ ۵/ پنت ۷/ هپت ۹/ نون

۲/ ات ۴/ بوت ۶/ هگز ۸/ اوکت ۱۰/ دک

مانند $CH_{۴}$ متان= مت + ان یا $C_{۴}H_{۱۰}$ بوتان= بوت + ان

۵۱- - آلکان‌ها با یک‌دیگر هومولوگ هستند. به‌عبارت دیگر تمامی آلکان‌ها در یک یا چند $CH_{۲}$ با یک‌دیگر اختلاف دارند. مثلاً اگر به متان $CH_{۴}$ یک $CH_{۲}$ اضافه کنیم، اتان $C_{۲}H_{۶}$ و اگر دو $CH_{۲}$ اضافه کنیم، پروپان $C_{۳}H_{۸}$ ، عضو دیگر خانواده آلکان‌ها به‌دست می‌آید.

۵۲- در آلکان‌های راست‌زنجیر هر اتم کربن با دو اتم کربن دیگر پیوند دارد. در صورتی که در آلکان‌های شاخه‌دار هر اتم کربن به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل است.

۵۳- - به مولکول‌هایی که فرمول مولکولی یکسانی دارند، اما آرایش اتم‌ها در آن متفاوت است (فرمول ساختاری متفاوتی دارند) ایزومر یا همپار می‌گویند. مثلاً بوتان و یا پنتان هریک به‌ترتیب دو و سه ایزومر(همپار) دارند.

ایزومرهای بوتان: $CH_{۳} - CH(CH_{۳}) - CH_{۳}$ و $CH_{۳} - CH_{۲} - CH_{۲} - CH_{۳}$

۵۴- همه‌ی آلکان‌ها گاز، مایع و یا جامدهایی بی‌رنگ هستند که با افزایش تعداد اتم‌های کربن(افزایش جرم مولی) نقاط ذوب و جوش آن‌ها افزایش می‌یابد.

۵۵- با افزایش جرم مولی در آلکان‌ها(افزایش تعداد اتم‌های کربن) بر گرانروی آلکان‌ها افزوده می‌شود.

۵۶- - همه‌ی آلکان‌ها سوخت‌های خوبی هستند و در اثر سوختن کامل آن‌ها، کربن‌دی‌اکسید، آب و مقدار زیادی گرما تولید می‌شود.

$$CH_{۴(g)} + ۲O_{۲(g)} \rightarrow CO_{۲(g)} + ۲H_{۲}O_{(g)} + \text{انرژی}_Q$$

۵۷- - در اثر سوختن ناقص آلکان‌ها(کم بودن اکسیژن) مقداری گاز کربن‌مونواکسید(CO) و دوده تولید می‌شود.

۵۸- - با افزایش جرم مولی(افزایش تعداد اتم‌های کربن) آلکان‌ها، مقدار انرژی آزاد شده در اثر سوختن آن‌ها نیز افزایش می‌یابد.

۵۹- - مقدار انرژی آزاد شده را می‌توان برحسب کیلوژول(Kj) به‌ازای یک گرم(g) و یا یک مول(mol) بیان کرد.

۶۰- - کراکینگ فرآیندی است که طی آن مولکول‌های بزرگ را به مولکول‌های کوچک‌تر تبدیل می‌کنند.

$$C_{16}H_{34(g)} \xrightarrow{700\ ^{\circ}C} C_{8}H_{16(g)} + C_{8}H_{18(g)}$$

۶۱- - کاتالیزگرها سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهند ولی خود مصرف نمی‌شوند.

۶۲- - با افزودن کاتالیزگرهای مناسب(مانند Al_2O_3) بازده فرآیند کراکینگ را افزایش می‌دهند. از طرف دیگر کراکینگ کاتالیزی از نظر مصرف انرژی، کارایی بهتری دارد. زیرا واکنش را در دمای پایین‌تری انجام می‌دهد.

۶۳- - طبق قرارداد کیفیت سوخت(میزان خوش‌سوزی) بنزین را با عدد اوکتان نشان می‌دهند.

۶۴- - عدد اوکتان آلکان‌های راست‌زنجیر(مثل هپتان) صفر است و ترکیبی مانند ایزو اوکتان(۲،۲،۴- تری مِتیل پنتان) که آلکانی شاخه‌دار است دارای عدد اوکتان صد می‌باشد.

۶۵- - عدد اوکتان بنزین معمولی بین ۸۰ تا ۸۹ است، در حالی‌که عدد اوکتان بنزین سوپر با مخلوطی از ۹۰ درصد ایزو اکتان و ۱۰ درصد هپتان برابری می‌کند.

۶۶- - یک راه نسبتاً ارزان برای بالا بردن عدد اوکتان بنزین افزودن ترا اتیل سرب $Pb(C_2H_5)$ به بنزین است. البته سرب موجود در اثر سوختن بنزین وارد هوا شده و باعث آلودگی محیط زیست می‌شود.

۶۷- - دسته‌ی دیگری از هیدروکربن‌ها وجود دارند که به آن‌ها هیدروکربن‌های سیرنشده می‌گویند. در این ترکیب‌ها کربن با اتم‌های کربن دیگر پیوند دوگانه و یا سه‌گانه ایجاد کرده است. (آلکن، آلکین، ترکیبات حلقوی)

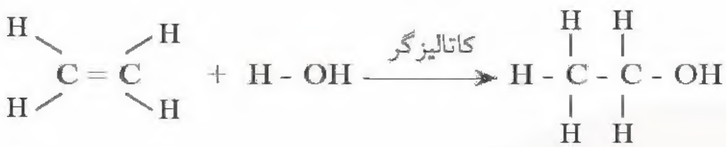
۶۸- - واکنش‌پذیری هیدروکربن‌های سیرنشده(آلکن‌ها و آلکین‌ها) خیلی بیشتر از واکنش‌پذیری آلکان‌ها است زیرا اتم‌های کربن تمایل زیادی برای تبدیل پیوند دوگانه و یا سه‌گانه به پیوند یگانه از خود نشان می‌دهند.

۶۹- - ترکیب‌های آلی وجود دارند که در آن‌ها علاوه بر کربن و هیدروژن عناصر دیگری مانند اکسیژن، نیتروژن، کلر و گوگرد نیز در آن‌ها دیده می‌شوند. مثل: اسید آمینه‌ها.

۷۰- - فرآورده‌های پتروشیمیایی موادی هستند که به‌وسیله‌ی صنایع شیمیایی از نفت و یا گاز طبیعی ساخته می‌شوند، مانند پاک‌کننده‌ها، حشره‌کش‌ها و پلاستیک‌ها.

۷۱- - آلکان‌ها به‌علت واکنش‌پذیری کمی که دارند مواد اوّلیه‌ی مناسبی برای مواد پتروشیمیایی به‌حساب نمی‌آیند.

۷۲- - از ترکیب اتن(اتیلن) با آب، اتانول(اتیل الکل) به‌دست می‌آید که یک حلال بسیار مهم بوده و در صنایع دارویی و بهداشتی مصرف فراوان دارد.



اتانول

۷۳- - بسپار یا پلیمر، مولکول بزرگی است که از به هم پیوستن تعداد بسیار زیادی از مولکول‌های کوچک‌تر حاصل می‌شود. مانند پلی اتن(پلی اتیلن).

۷۴- - برای گسترش عمر سودمند نفت، که منبعی تجدیدناپذیر است، راه‌های مختلفی وجود دارد که عبارتند از:

۱- استفاده از ساختمان‌ها و ماشین‌هایی که بهره‌وری انرژی در آن‌ها زیاد باشد.

۲- استفاده از خودروهایی که دوگانه‌سوز(بنزین وگاز) هستند.

۳- استفاده از منابع جدید سوخت(مانند سوخت زیست دیزل)

۴- استفاده از منابع دیگر انرژی(انرژی هسته‌ای، خورشیدی، باد، زمین گرمایی و...)

۷۵- - تمام ترکیب‌های کربن که هم‌اکنون از نفت ساخته می‌شوند را می‌توان با واکنش‌های شیمیایی مناسب از زغال‌سنگ، آب و هوا به‌دست آورد اما هزینه‌های تبدیل زغال‌سنگ به مولکول‌های سازنده، بسیار بیشتر از استفاده از نفت است.

۷۶- بخش اول: مایعی کم‌یاب در عین فراوانی

منابع آب در طبیعت

۱- بیش‌ترین سهم منابع آب شیرین قابل دسترس انسان متعلق به آب‌های زیرزمینی (۰/۴۷%) است.

توجه: کل آب شیرین قابل دسترس کره‌ی زمین ۰/۵ درصد است.

۲- فراوانی منابع آب شیرین به قرار زیر است:

یخ‌های قطبی و یخچال‌های طبیعی > آب‌های زیرزمینی > رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آبگیرها > رطوبت موجود در خاک > بخار آب موجود در هوا

۳- توزیع آب موجود در طبیعت به نسبت تقریباً ثابتی در میان دریاها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، سفره‌های زیرزمینی و یخچال‌های طبیعی، چرخه آب نامیده می‌شود. این امر آب شیرین مورد نیاز ما را تأمین می‌کند.

۷۷- آب مایعی با ویژگی‌های باورنکردنی

۱- دما در اعماق دریاچه‌ها پایین‌تر از $4^{\circ}C$ نمی‌رود چون آب $4^{\circ}C$ سنگین‌ترین مایع بوده و در پایین‌ترین سطح قرار می‌گیرد.

۲- بالا بودن ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آب موجب می‌شود که آب موجود در سطح زمین تغییرات دمایی زمین را متعادل کند.

مثال: با توجه به ظرفیت گرمایی ویژه‌ی مواد زیر دمای کدام ماده در اثر دادن گرمای مساوی به آن‌ها بیش‌تر افزایش می‌یابد؟ (جرم تمام مواد را یکسان فرض کنید)

جواب: هر چه ظرفیت گرمایی ویژه کم‌تر باشد تغییرات دمایی آن ماده بیش‌تر است و بلعکس. در نتیجه مس بیش‌ترین تغییرات دمایی را دارد.

نام ماده	ظرفیت گرمایی ویژ
آلومینیوم	۰/۸۹۷
مس	۰/۳۸۵
اتانول	۲/۴۶۹
آهن	۰/۴۴۹
آب	۴/۱۸۵

۳- گرمای تبخیر برابر گرمایی است که به واحد جرم از یک مایع در حالت جوش داده می‌شود تا کاملاً به بخار تبدیل شود.

۴- هر مولکول آب در حالت مایع با سه مولکول دیگر و در حالت جامد (یخ) با چهار مولکول آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند.

۵- ظرفیت گرمایی آب زیاد است. این امر باعث می‌شود گرمای زیادی را جذب کند بدون آن که تغییر دمایی زیادی در آن صورت بگیرد.

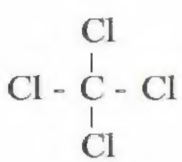
۶- خاصیت منحصر به فرد دیگر آب، گرمای تبخیر بالای آن است. به عبارت دیگر برای تبدیل مقدار کمی آب به بخار، گرمای زیادی لازم است.

۷- کشش سطحی آب نیز به طور شگفت‌انگیزی زیاد است.

۷۸- ۱- به ذره‌هایی با بار منفی یا مثبت، یون گفته می‌شود.

۲- پیوند یونی جاذبه‌ای است که بین یون‌های مثبت و منفی به وجود می‌آید.

۳- پیوند کووالانسی پیوندی است که از به اشتراک گذاشتن الکترون بین دو اتم به وجود می‌آید.



مثال: در مولکول CCl_4 چند پیوند کووالانسی وجود دارد؟ و ظرفیت کربن و کلر چند است؟

در مجموع دارای چهار پیوند کووالانسی است.

ظرفیت کربن: چهار ظرفیت کلر: یک

فرمول شیمیایی نمایانگر یک ترکیب شیمیایی است و برای ما مشخص می‌کند که در یک مولکول آن ترکیب چه تعداد و چه نوع اتم‌هایی وجود دارد.

۷۹- ساختار آب

۱- مولکول قطبی مولکولی است که دارای دو سر مثبت و منفی است.

۲- اگر یک میله پلاستیکی باردار را به یک باریکه‌ی آب نزدیک کنیم، مولکول‌های آب جذب میله باردار می‌شوند که این امر تأییدی بر قطبی بودن مولکول آب است.

۳- با این که مولکول آب قطبی است ولی در مجموع از نظر الکتریکی خنثی است. زیرا تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها در یک اتم یا مولکول همواره برابر است.

-۸۰ ۱- به نیروی جاذبه بین قطب مثبت از یک مولکول و قطب منفی از هر مولکول دیگر نیروی جاذبه بیم مولکولی می‌گویند.

۲- برای تبخیر آب گرمای زیادی لازم است زیرا از بین بردن نیروی جاذبه بین مولکولی آب، که بسیار قوی است، به انرژی زیادی نیاز دارد.

۳- به طور خاص نیروی جاذبه بین مولکولی آب را پیوند هیدروژنی می‌نامند. گویا چنین به نظر می‌رسد که اتم‌های هیدروژن، مولکول‌های آب را کنار یک‌دیگر نگاه داشته‌اند.

۴- جامد یونی در دو مرحله در حلال قطبی(آب) حل می‌شود:

مرحله‌ی اول: جدا شدن یون‌ها از شبکه سه بعدی جامد یونی(از طریق جاذبه‌ی بین مولکول‌های آب و یون‌ها انجام می‌شود)

مرحله‌ی دوم: آبپوشی یون‌ها(احاطه شدن یون‌ها توسط مولکول‌های آب از قطب مخالف) شکل صفحه ۲۰ کتاب درسی

۵- بسیاری از نمک‌ها (ترکیب‌های یونی) در آب محلول هستند و بعضی از آنها مانند $CaCO_3$ (سنگ آهک) و $MgCO_3$ در آب اندکی حل می‌شوند.

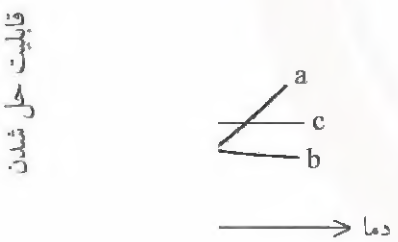
۶- مهاجرت یون‌های محلول به سمت قطب‌های مثبت و منفی باتری موجب بسته شدن مدار و رسانایی الکتریکی محلول می‌شود. میزان رسانایی به تعداد یون‌های موجود در واحد حجم محلول بستگی دارد.

۷- نیروی جاذبه بین یون‌های ناهم نام را پیوند یونی می‌نامند که پیوندی بسیار قوی است.

-۸۱ انحلال‌پذیری مواد جامد در آب

۱- انحلال‌پذیری (قابلیت حل شدن) بیش‌ترین مقدار ماده‌ای است که در یک دمای معین در ۱۰۰ گرم آب حل می‌شود.

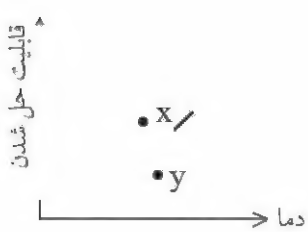
تغییرات انحلال‌پذیری یک ماده با دما می‌تواند به سه صورت مقابل باشد:



KNO_3 : a

$CaCl_2$: b

NaCl : c



۲- هر نقطه روی نمودار نشان دهنده‌ی یک محلول سیر شده است و به ترتیب نقاط x و y در نمودار، محلول‌های فراسیر شده و سیر نشده را نشان می‌دهد.

۳- در اثر تکان و ضربه محلول فراسیر شده به سیر شده تبدیل می‌شود.

۴- انحلال‌پذیری گازها در آب با افزایش فشار و کاهش دما افزایش می‌یابد.

۵- در دمای ثابت میزان انحلال‌پذیری گازها در آب با فشار نسبت مستقیم دارد.

۸۲- اکسیژن موجود و اکسیژن مورد نیاز

۱- برای اندازه‌گیری اکسیژن حل شده در آب از واحدی به نام ppm استفاده می‌شود.

توجه: از این واحد برای تعیین غلظت محلول‌هایی که جزء حل شده‌ی آن‌ها بسیار ناچیز است استفاده می‌شود. و به صورت زیر می‌توان آن را تعریف کرد.

$$\frac{\text{یک میلی گرم جزء حل شده}}{\text{یک لیتر محلول}} \xrightarrow{\text{در صورتی که حلال آب باشد.}} \frac{\text{یک میلی گرم جزء حل شده}}{\text{هزار گرم محلول}} = \frac{\text{یک گرم جزء حل شده}}{\text{یک میلیون گرم محلول}} = 1\,ppm$$

۲- هر چه DO ی آبزی بیش‌تر باشد، دمای مناسب برای زندگی آن کمتر است.

گربه ماهی — ماهی کپور — ماهی خاردار — اردک ماهی — شاه ماهی — قزل‌آلا

→ کاهش DO ی آبزی

→ افزایش دمای مناسب آبزی

۳- هر چه دمای آب بیش‌تر شود اکسیژن محلول در آب کاهش یافته میزان DO ی لازم برای آبزی افزایش می‌یابد. چون سرعت واکنش‌های سوخت و ساز آبزی زیاد می‌شود.

۸۳- کاتیون سنگین موجود در آب

برای تعیین میزان آلودگی کاتیون‌های سنگین می‌توان از ضریب خطر استفاده کرد. هر چه ضریب خطر کوچکتر از یک باشد آلودگی آب کمتر می‌باشد.

$$\text{ضریب خطر} = \frac{\text{مقدار یون های موجود}}{\text{مقدار مجاز اعلام شده}}$$

۸۴- آلاینده‌ها:

۱- به طور کلی آلاینده‌های هوا را به دو دسته تقسیم می‌کنند:

الف- آلاینده‌های نوع اول - که به همین شکل وارد هواکره می‌شوند.

ب- آلاینده‌های نوع دوم - که از واکنش میان آلاینده‌های نوع اول و اجزای طبیعی هواکره پدید می‌آیند.

از انواع آلاینده‌های نوع اول می‌توان به CO_2 , CO , SO_2 , CH_4 , NO_X اشاره کرد.

از انواع آلاینده‌های نوع دوم نیز می‌توان H_2SO_4 , SO_3 , HNO_3 , O_3 در تروپوسفر را نام برد.

۲- برای همه آلاینده‌های هوا به جز SO_2، سهم منابع طبیعی بسیار بیش‌تر از منابع انسانی است.

۸۵- اوزون، مولکولی با دو چهره:

۱- اوزون در استراتوسفر یک پالاینده و در تروپوسفر یک آلاینده است.

۲- اوزون تروپوسفری توسط واکنش‌هایی به نام مه‌دود فوتوشیمیایی تولید می‌شود. این واکنش‌ها در شرایطی انجام می‌شوند که هوا خشک و آفتابی باشد و مقدار اکسیدهای نیتروژن (NO_X) در هواکره نیز زیاد باشد.

$NO_2 + \text{نور خورشید} \rightarrow NO + O$

$O + O_2 \rightarrow O_3$ اوزون تروپوسفری

۸۶- باران اسیدی:

۱- وجود گازهایی از قبیل SO_2 , NO_X , CO_2 در هواکره موجب به وجود آمدن باران اسیدی می‌شود.

۲- این گازها بیش‌تر از طریق اگزوز خودروها و دودکش نیروگاه‌ها وارد هواکره می‌شوند.

۳- مقادیر جزیی از این گازها در آب باران کاملاً بی‌ضرر نیست و بخش مهمی از چرخه‌ی فرسایش و رسوب‌گذاری سنگ‌ها و دیگر مواد معدنی را نیز تشکیل می‌دهد.

۴- مقادیر زیاد آن به ساختمان و موجودات زنده آسیب می‌رساند. همچنین آب رودخانه‌ها را اسیدی کرده موجب مرگ آبزیان می‌شود. از طرفی دیگر بارش باران اسیدی روی خاک‌های حاصل‌خیز، مواد معدنی با ارزش خاک را در خود حل کرده به اعماق زمین می‌برد.

۸۷- کنترل آلودگی:

۱- راه‌های کنترل آلودگی هوا عبارتند از:

الف- یافتن جایگزین برای سوخت‌های فسیلی مانند انرژی خورشیدی، هسته‌ای، ...

ب- افزایش بازده تولید انرژی از سوخت‌های فسیلی

پ- کاهش یا حذف مواد موجود در سوخت که مواد آلاینده ایجاد می‌کنند.

ت- حذف آلاینده‌ها پیش از ورود به هوا

۸۸- ۱- اسیدها ترش مزه هستند و رنگ معرف لیتموس (تورنسل) را به رنگ سرخ در می‌آورند. در فرمول شیمیایی اسیدها یک یا چند اتم هیدروژن دیده می‌شود. مانند HCl یا H_2SO_4

۲- بازها تلخ مزه هستند و رنگ لیتموس (تورنسل) را به رنگ آبی در می‌آورند. در فرمول شیمیایی بازها یک یا چند گروه هیدروکسید $(OH)^-$ دیده می‌شود. مانند $NaOH$ یا $Ca(OH)_2$

۳- در اثر انحلال گاز کربن دی‌اکسید در آب باران، کربنیک اسید تولید می‌شود که باعث ایجاد خاصیت اسیدی در آب باران می‌شود.

۴- وجود بعضی یون‌ها در اب برای زندگی ما اهمیت فراوانی دارند. ولی وجود کاتیون‌های سنگین جیوه، سرب و کادمیم $\left(Hg^{2+} ، Pb^{2+} ، Cd^{2+}\right)$ باعث آسیب دیدن سیستم عصبی، کبد، کلیه و ... شده و برای ما مضر هستند.

۸۹- تالس فیلسوف یونانی آب را عنصر اصلی سازنده‌ی جهان هستی می‌دانست.

۹۰- پس از تالس ارسطو سه عنصر هوا، خاک و آتش را به گفته‌ی وی افزود.

۹۱- رابرت بویل تعریف جدید «عنصر ماده‌ای است که نمی‌توان آن را به مواد ساده‌تری تبدیل کرد.» را ارائه کرد.

۹۲- جان دالتون نظریه‌ی اتمی خود را شامل هفت بند که در آن از واژه‌ی اتم به‌معنای تجزیه‌ناپذیر(که توسط دموکریت فیلسوف یونانی مطرح شده بود) استفاده کرده بود، بیان داشت.

۹۳- مایکل فارادی دانشمند انگلیسی مشاهده کرد که هنگام عبور جریان برق از یک محلول، واکنش شیمیایی به‌وقوع می‌پیوندند.(واکنش برق‌کافت) فیزیک‌دان‌ها برای توجیه این مشاهده و مشاهدات دیگر برای الکتریسیته ذره‌ای بنیادی پیشنهاد کردند و ان را الکترون نامیدند. اما در آن زمان به وجود رابطه‌ای میان اتم و الکترون پی برده نشد.

۹۴- جوزف تامسون فیزیک‌دان انگلیسی با آزمایش‌هایی که روی لوله‌ی پرتو کاتدی انجام داد به نتایج مهمی دست یافت. او موفق شد نسبت بار به جرم الکترون را اندازه‌گیری کند.

۹۵- پرتوهای کاتدی به خط راست حرکت کرده و هنگام عبور، گاز رقیق درون لوله را ملتهب می‌سازند.

۹۶- پرتوهای کاتدی دارای بار منفی هستند.

۹۷- همه‌ی مواد دارای الکترون هستند.

۹۸- پس از اندازه‌گیری بار الکتریکی الکترون توسط رابرت میلیکان، فیزیک‌دان آمریکایی، تامسون جرم الکترون را نیز محاسبه کرد. مقدار پذیرفته شده برای بار و جرم الکترون به‌ترتیب $۱/۶۰۲ \times ۱۰^{-۱۹}$ C و $۹/۱۰۹ \times ۱۰^{-۲۸}$ g است.

۹۹- هانری بکرل فیزیک‌دان فرانسوی به‌طور تصادفی متوجه شد که از ترکیب‌های اورانیوم‌دار پرتوهایی خارج می‌شود که روی فیلم عکاسی اثر می‌گذارند.

۱۰۰- ماری کوری دانشمند لهستانی این‌گونه مواد را پرتوزا و این خاصیت را پرتوزایی نامید.

۱۰۱- ارنست رادرفورد با انجام آزمایش‌هایی پی برد که پرتوهای نشر شده از مواد پرتوزا خو ترکیبی از سه تابش مختلف هستند. پرتو الفا(α) که دارای بار مثبت، پرتو بتا(β) دارای بار منفی و پرتو گاما(γ) خنثی می‌باشد.

۱۰۲- تامسون پس از کشف نخستین ذره زیر اتمی(الکترون) ساختاری را برای اتم در نظر گرفت که در آن بار مثبت در فضای کروی به‌طور یکنواخت پراکنده شده و الکترون‌ها در این فضا پخش شده‌اند. او فکر می‌کرد که فضای کروی جرمی ندارد و جرم اتم به تعداد الکترون‌های ان بستگی دارد. و وجود تعداد بسیار زیاد الکترون در اتم باعث ایجاد جرم زیاد برای اتم می‌شود.

۱۰۳- رادفورد با تاباندن پرتو آلفا به ورقه نازکی از طلا به نتایج جالبی دست یافت که بر اساس آن نادرست بودن نظرات تامسون را اثبات کرد.

۱۰۴- رادرفورد مشاهده کرد که بیشتر ذرات آلفا بدون انحراف از میان ورقه‌ی نازک طلا عبور می‌کنند. تعدادی از آن‌ها به مقدار زیادی منحرف می‌شوند و تعداد کمی نیز با زاویه‌ای نزدیک به ۱۸۰° به عقب برمی‌گشتند.

۱۰۵- براساس نتایج حاصل از بمباران ورقه‌ی طلا با ذرات α رادرفورد مدل دیگری برای اتم پیشنهاد کرد که به مدل اتم هسته‌دار معروف شد. در این مدل بیشتر حجم اتم را فضای خالی تشکیل می‌دهد و الکترون‌ها در این فضا پخش شده‌اند. اتم طلا هسته‌ای بسیار کوچک با جرم بسیار زیاد دارد و به‌همین دلیل ذره‌های آلفا یا منحرف می‌شدند و یا به عقب برمی‌گشتند.

۱۰۶- رادرفورد دومین ذره‌ی سازنده‌ی اتم که بار مثبت داشته ولی بسیار سنگین‌تر از الکترون بود، را شناسایی کرد. این ذره پروتون نام گرفت.

۱۰۷- جیمز چادویک که از شاگردان رادرفورد بود، نوترون سومین ذره‌ی سازنده‌ی اتم را کشف کرد.

۱۰۸- عدد اتمی تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی اتم را نشان می‌دهد که آن را با Z نشان می‌دهند.

۱۰۹- عدد جرمی مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم را مشخص می‌کند. $A = Z + N$

۱۱۰- اتم‌های یک عنصر که دارای پروتون‌های مساوی ولی تعداد نوترون‌های نامساوی باشند را ایزوتوپ‌های آن عنصر می‌نامند.

۱۱۱- فراوانی ایزوتوپ‌ها با یک‌دیگر متفاوت است. مثلاً کلر دو ایزوتوپ دارد. ^{35}Cl که در حدود ۷۵٪ و ^{37}Cl که در حدود ۲۵٪ در طبیعت یافت می‌شوند.

۱۱۲- جرم اتمی با توجه به درصد فراوانی ایزوتوپ‌ها محاسبه می‌شود. برای مثال جرم اتمی کلر به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$۳۵ \times \frac{۷۵}{۱۰۰} + ۳۷ \times \frac{۲۵}{۱۰۰} = ۳۵/۵$$

۱۱۳- هیدروژن دارای سه ایزوتوپ می‌باشد: $^{1}_{1}H$ و $^{2}_{1}H$ و $^{3}_{1}H$ که به‌ترتیب پروتیم، دوتریم(هیدروژن سنگین) و تریتیم(هیدروژن پرتوزا) نامیده می‌شوند.

۱۱۴- هسته‌ی اتم‌هایی که ۸۴ و یا بیشتر از این پروتون دارند، ناپایدار هستند. و با بیان دیگر معمولاً عنصرهایی که نسبت تعداد نوترون‌ها به پروتون‌ها در آن‌ها ۱/۵ و یا بیشتر باشد، پرتوزا هستند.

۱۱۵- یکای جرم اتمی(amu) برابر یک‌دوازدهم جرم اتمی کربن ۱۲ درنظر گرفته شده است.

۱۱۶- رابرت بونزن با طراحی دستگاه طیف‌بین، به بررسی رنگ‌های حاصل از شعله‌ی فلزات مختلف پرداخت. او در این راه الگویی برای هر فلز به‌دست آورد که آن را طیف نشری خطی نامید. زیرا این الگو در اثر نشر رنگ‌هایی خاص از فلزات به‌دست آمده بود که به‌صورت یک سری خطوط موازی مشاهده می‌شدند.

۱۱۷- هر فلز طیف نشری خطی خاص خود دارد و مانند اثر انگشت می‌توان از آن برای شناسایی فلز موردنظر بهره گرفت.

۱۱۸- در مدل اتمی بور، وی با کوانتیده درنظر گرفتن ترازهای انرژی و یا به عبارت دیگر کوانتومی درنظر گرفتن مبادله‌ی انرژی هنگام جابه‌جایی میان ترازها، توانست طیف اتم هیدروژن را توجیه کند.

۱۱۹- در این مدل که بر مبنای خواص ذره‌ای الکترون بنا شده است، در اطراف هسته‌ی اتم چند مدار یا سطح انرژی در فواصل معین درنظر گرفته شده است که الکترون‌ها تنها مجازند در این سطوح انرژی به دور هسته گردش کنند.

۱۲۰- این سطوح انرژی در طیف نشری با چند خط مجزا از یک‌دیگر مشخص می‌شوند.

۱۲۱- هنگامی که اتم‌های هیدروژن در حالت پایه تحریک می‌شوند و انرژی می‌گیرند(در هنگام التهاب لامپ حاوی گاز هیدروژن) الکترون‌ها برانگیخته شده و به سطوح انرژی بالاتر می‌روند. پس از مدتی کوتاه الکترون‌ها به حالت عادی بازمی‌گردند که در این‌صورت انرژی جذب شده را به‌صورت انتشار نور با طول موج معین از دست می‌دهند.

۱۲۲- بررسی‌هایی که با استفاده از طیف‌سنج‌های دقیق‌تر انجام شده نشان می‌دهند که هر خط طیف، خود از چند خط نزدیک به‌هم تشکیل می‌شوند که مدل اتمی بور قادر به توجیه ان نیست.

۱۲۳- اروین شرودینگر برمبنای رفتار دوگانه‌ی الکترون مدل کوانتومی اتم را پیشنهاد کرد.

۱۲۴- فضای سه بعدی که احتمال حضور الکترون در آن زیاد است، اوربیتال نامیده می‌شود. شرودینگر با انجام محاسبه‌های بسیار پیچیده‌ی ریاضی، برای مشخص کردن هریک از اوربیتال‌ها سه عدد کوانتومی مطرح کرد که عبارتند از: عدد کوانتومی اصلی n ، عددکوانتومی اوربیتالی l و عدد کوانتومی مغناطیسی ml.

۱۲۵- عدد کوانتومی اصلی(n) سطح انرژی لایه‌های الکترونی و نیز تعداد زیرلایه‌های هر لایه‌ی الکترونی را مشخص می‌کند. پیرامون هسته‌ی اتم هفت لایه الکترونی مشاهده شده است و حداکثر تعداد الکترونی که در هر لایه جای می‌گیرند از رابطه‌ی $2n^2$ به‌دست می‌آید.

۱۲۶- زیرلایه‌ها را با عدد کوانتومی اوربیتالی(l) مشخص می‌کنند. l مقادیر صحیح ۰ تا $n - 1$ را قبول می‌کند. عدد کوانتومی اوربیتالی نوع زیرلایه، شکل و تعداد اوربیتال‌ها را نیز مشخص می‌کند. در هر زیرلایه $2l + 1$ اوربیتال وجود دارد.

۱۲۷- معمولاً مقادیر عددی l را با حروف لاتین مشخص می‌کنند. مثلاً برای تراز اصلی $n = 4$ مقادیر l می‌تواند ۰، ۱، ۲ و ۳ باشد که به‌ترتیب زیرلایه‌ها(و یا ترازهای فرعی) s، P ، d و f خوانده می‌شوند.

۱۲۸- هر یک از این زیرلایه‌ها(به‌جز زیرلایه‌ی $l = 0$) خود به چند تراز فرعی‌تر تقسیم می‌شوند که همان اوربیتال‌ها هستند. عدد کوانتومی مغناطیسی (m_l) جهت‌گیری این اوربیتال‌ها در فضا را معین می‌کند.

۱۲۹- عدد کوانتومی مغناطیسی (m_l) مقادیر $-l$ تا $+l$ را قبول می‌کند.

۱۳۰- الکترون دارای دو نوع حرکت است: حرکت اوربیتالی (به دور هسته‌ی اتم) و حرکت اسپینی.

۱۳۱- چرخش الکترون به دور خود را اسپین (Spin) می‌نامند. الکترون می‌تواند در جهت حرکت عقربه‌های ساعت $\left(m_s = +\frac{1}{2}\right)$ و در خلاف جهت آن به دور خود بچرخد $\left(m_s = -\frac{1}{2}\right)$. این عدد را، عدد کوانتومی مغناطیسی اسپین (m_s) می‌گویند.

۱۳۲- یونش به‌معنای خارج کردن الکترون از اتم و ایجاد یون است.

۱۳۳- انرژی نخستین یونش (IE_1): مقدار انرژی لازم برای خارج کردن یک مول الکترون از یک مول اتم در حالت گازی و تولید یک مول یون یک بار مثبت در حالت گازی را گویند.

$$x_{(g)} \rightarrow x^{+}_{(g)} + e^{-} \qquad IE_1 \; (Kj.mol^{-1})$$

۱۳۴- IE_2 انرژی لازم برای جدا کردن یک مول الکترون از یک مول یون یک بار مثبت گازی و ایجاد یک مول یون دو بار مثبت در حالت گازی است.

$$x^{+}_{(g)} \longrightarrow x^{2+}_{(g)} + \bar{e} \qquad IE_2 \left(kJ.mol^{-1}\right)$$

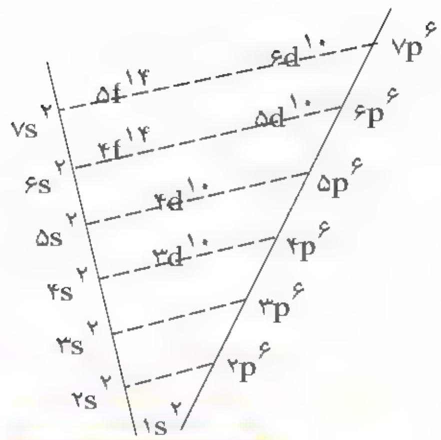
۱۳۵- مقدار انرژی یونش به جاذبه‌ی بین هسته‌ی اتم و الکترون لایه‌ی ظرفیت بستگی دارد. هرچه جاذبه‌ی بین هسته و الکترون بیشتر باشد، مقدار انرژی یونش نیز افزایش می‌یابد.

۱۳۶- یکی از عوامل بسیار مهم روی میزان جاذبه به فاصله‌ی الکترون از هسته مربوط می‌شود. هرچه الکترون از هسته دورتر باشد، جاذبه‌ی بین آن‌ها کمتر شده و انرژی یونش نیز کاهش می‌یابد.

۱۳۷- با توجه به انرژی‌های یونش متوالی یک عنصر مشاهده می‌شود که همیشه رابطه‌ی $IE_1 < IE_2 < IE_3 \ldots$ برقرار است. زیرا در ابتدا (IE_1) اتم خنثی است و جدا شدن الکترون از اتم آسان‌تر می‌باشد ولی در IE_2 عنصر به یون مثبت تبدیل شده و نسبت پروتون‌ها به الکترون‌ها افزایش یافته و جاذبه بر الکترون‌های باقی‌مانده بیشتر شده و جدا کردن الکترون سخت‌تر خواهد شد.

۱۳۸- در بعضی موارد در انرژی‌های یونش متوالی یک عنصر، افزایش ناگهانی مشاهده می‌شود این مطلب تنها به افزایش نسبت پروتون‌ها به الکترون‌ها مربوط نبوده و تغییر فاصله‌ی هسته و الکترون در آن نقش مهم‌تری دارد (تغییر لایه‌ی الکترون). البته زیرلایه‌ها هم در انرژی یونش تاثیرگذار هستند که در فصل بعد به آن اشاره خواهد شد.

۱۳۹- آرایش الکترونی اتم و نمودار اوربیتالی



ترتیب پر شدن زیر لایه ها

آرایش الکترونی در یک اتم نشان دهنده طرز توزیع الکترون‌ها درترازهای مختلف انرژی است. در این مورد از اصل بناگذاری (روش آفبا) استفاده می‌شود.

ابتدا در حالت عادی الکترون‌ها به ترتیب در اوربیتال‌هایی قرار می‌گیرند که انرژی کمتری دارند و تا زمانی که اوربیتالی با سطح انرژی کمتر وجود داشته باشد، الکترون به اوربیتال‌های با انرژی بیشتر وارد نمی‌شود. طرح روبرو ترتیب پر شدن زیر لایه‌ها (ترازهای فرعی انرژی) را نشان می‌دهد. برای هر اتم نوشتن آرایش الکترونی را از تراز 1s (سطح انرژی اول) که انرژی کمتری دارد شروع می‌کنیم و با افزایش الکترون‌ها به سطح انرژی دوم و سوم و ... و ترازهای فرعی دیگر که انرژی بیشتری دارند، وارد می‌شویم. توجه کنید که همیشه سطوح انرژی به ترتیب پُر نمی‌شوند. مثلاً در لایه‌ی سوم، زیر لایه 3d الکترون نمی‌گیرد و زمانی الکترون به این زیر لایه وارد می‌شود که زیر لایه 4s پُر شده باشد. زیرا انرژی تراز 3d بیشتر از تراز 4s است.

۱۴۰- اصل طرد پائولی

- در یک اتم هیچ‌گاه نمی‌توان دو الکترون را پیدا کرد که در هر چهار عدد کوانتومی یکسان باشند.
- یک نتیجه‌گیری مهم از اصل طرد آن است که در هر اوربیتال حداکثر دو الکترون آن هم با اسپین مخالف قرار می‌گیرند.

۱۴۱- قاعده هوند

هنگامی که یک زیر لایه شامل چند اوربیتال هم انرژی باشد (مانند سه اوربیتال P_x ، P_y ، P_z و یا پنج اوربیتال در زیر لایه d) ابتدا در هر اوربیتال یک الکترون جای می‌گیرد که دارای اسپین‌های هم‌سو (موازی) هستند. زمانی که تمام این اوربیتال‌ها، دارای یک الکترون شدند، الکترون‌های بعدی با اسپین‌های مخالف می‌توانند وارد شوند و اوربیتال‌ها را کامل کنند.

۱۴۲- آرایش الکترونی لایه‌ی ظرفیت عناصر هر گروه از جدول تناوبی مشابه یک‌دیگر می‌باشد. و به بیان دیگر تعداد الکترون‌های ظرفیتی عناصر هر گروه با یک‌دیگر برابر است.

۱۴۳- عناصر موجود در یک تناوب دارای عدد کوانتومی اصلی(n) یکسانی هستند.

۱۴۴- عنصرهای اصلی به عناصری می‌گویند که تراز s و یا p آن‌ها در حال پر شدن می‌باشد.

۱۴۵- در عناصر واسطه‌ی خارجی تراز d و در عناصر واسطه‌ی داخلی تراز f در حال پر شدن است.

۱۴۶- آرایش الکترونی بعضی از عناصر با شیوه‌ی معمول پر شدن زیرلایه‌ها کمی تفاوت دارد. مانند کروم $({}_{24}Cr)$ و مس $({}_{29}Cu)$.

۱۴۷- تعداد عناصر موجود در هر ردیف از جدول تناوبی با شیوه‌ی پر شدن زیرلایه‌ها مطابقت دارد.

۱۴۸- مندلیف براساس دو اصل جدول تناوبی خود را تنظیم کرد. افزایش تدریجی جرم اتمی در ردیف‌ها و دیگر این‌که عنصرهای با خواص فیزیکی و شیمیایی مشابه را در یک گروه قرار داد.

۱۴۹- مندلیف در مواردی برای رعایت اصل تشابه بعضی از خانه‌های جدول را خالی گذاشت و فرض کرد که عنصرهای مربوط به این خانه‌ها هنوز کشف نشده‌اند.

۱۵۰- مندلیف برای رعایت اصل تشابه در مواردی افزایش جرم اتمی را نادیده گرفت و عنصر سبک‌تر را بعد از عنصر سنگین‌تر قرار داد. به‌عنوان مثال او نیکل را بعد از کبالت و ید را بعد از تلور قرار داد.

۱۵۱- با کشف عدد اتمی توسط هنری موزلی و مرتب کردن عنصرها براساس افزایش عدد اتمی. بی‌نظمی‌های جدول مندلیف توجیه شد.

۱۵۲- جدول تناوبی بر قانون تناوبی استوار است. طبق این قانون هرگاه عنصرها را بر حسب افزایش عدد اتمی در کنار یک‌دیگر قرار دهیم، خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها به صورت تناوبی تکرار می‌شود.

۱۵۳- - عناصری که در یک گروه قرار می‌گیرند خواص مشابهی را از خود نشان می‌دهند. زیرا آرایش الکترونی تراز آخر آن‌ها یکسان است.

- تغییرات خواص در یک تناوب محسوس‌تر از تغییرات در یک گروه می‌باشد.

- اگر آرایش الکترونی عنصری به ns ختم شود تعداد الکترون تراز s گروه عنصر را تعیین می‌کند. بالاترین عدد کوانتومی اصلی، تناوب عنصر را تعیین می‌کند.

$${}_{11}Na = 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^1 \ (n = 3)$$ تناوب سوم، گروه اول

$${}_{20}Ca = [{}_{18}Ar] / 4s^2 \quad n = 4$$ گروه دوم

- عناصری که در گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ قرار دارند، آرایش الکترونی لایه آخر آنها به nsnp ختم می‌شود که مجموع الکترون‌های آن‌ها به اضافه ۱۰ شماره گروه را معین می‌کند.

$${}_{9}F = 1s^2 / 2s^2 2p^5$$ ۱۷ تناوب دوم گروه

$${}_{31}Ga - [{}_{18}Ar] 3d^{10} / 4s^2 4p^1$$ تناوب چهارم گروه ۱۳

۱۵۴- عنصرها را به سه دسته‌ی فلزها، نافلزها، شبه فلزها تقسیم می‌کنند.

۱۵۵- معمولاً فلزها برای رسیدن به آرایش گاز نجیب یک، دو یا سه الکترون از دست داده و به کاتیون تبدیل می‌شوند و در مقابل، نافلزها با گرفتن همین تعداد الکترون به آرایش گاز نجیب بعد از خود رسیده و به آنیون تبدیل می‌شوند.

۱۵۶- گروه IA که به فلزات قلیایی معروف هستند شامل عناصری مانند لیتیم، سدیم و پتاسیم می‌باشد.

۱۵۷- عناصر گروه IA فعال‌ترین عناصر فلزی جدول تناوبی هستند و به همین جهت در طبیعت به‌صورت خالص وجود ندارند.

۱۵۸- عناصر گروه IA در لایه‌ی ظرفیت خود تنها یک الکترون دارند (ns^1) و به همین دلیل آن را به راحتی از دست داده و به آرایش گاز نجیب قبل از خود می‌رسند.

۱۵۹- در گروه فلزات قلیایی از بالا به پایین(با افزایش عدد اتمی) چگالی، شعاع اتمی، شعاع یونی و نقاط ذوب و جوش افزایش می‌یابد ولی انرژی نخستین یونش آنها کاهش می‌یابد.

۱۶۰- عناصر این گروه (IA) شدیداً با آب ترکیب شده و تولید هیدروکسید فلز و گاز هیدروژن می‌کنند.

M یک فلز قلیایی است.

$$2M + 2H_2O \rightarrow 2MOH + H_2$$

۱۶۱- در گروه IA با افزایش عدد اتمی(از بالا به پایین) و با افزایش تعداد لایه‌ها، بار مؤثر هسته‌ی اتم کاهش یافته و عنصر راحت‌تر الکترون از دست داده و فعالیت شیمیایی آنها بیشتر می‌شود.

۱۶۲- گروه IIA فلزات قلیایی خاکی نامیده می‌شوند و عناصری مانند بریلیم، منیزیم و کلسیم در این گروه قرار دارند.

۱۶۳- عناصر گروه IIA نسبت به عناصر گروه IA سخت‌تر، چگال‌تر و دارای دمای ذوب و جوش بالاتری هستند.

۱۶۴- واکنش‌پذیری عناصر گروه (IIA) نسبت به عناصر گروه IA کمتر است. چرا که عناصر این گروه در لایه‌ی ظرفیت خود دارای دو الکترون (ns^2) بوده و برای رسیدن به آرایش گاز نجیب باید دو الکترون از دست بدهند و این در حالی است که عدد اتمی آن‌ها و در نتیجه بار مؤثر هسته‌ی اتم آن‌ها نیز افزایش یافته است.

۱۶۵- در گروه فلزات قلیایی خاکی شعاع اتمی و شعاع یونی در حال افزایش است ولی مانند گروه IA انرژی نخستین یونش آن‌ها در حال کاهش است.

۱۶۶- عناصر گروه دوم اصلی به‌جز بریلیم و منیزیم با آب سرد واکنش داده و گاز هیدروژن و هیدروکسید فلز ایجاد می‌کنند ولی شدت آن مانند گروه IA نبوده و از آن‌ها کمتر است.

۱۶۷- منیزیم و کلسیم به راحتی با هیدروکلریک اسید(HCl) ترکیب شده و گاز H_2 و کلرید فلز ایجاد می‌کنند.

$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$$

۱۶۸- عناصر واسطه‌ی خارجی، همگی فلز بوده و تراز d آنها در حال پر شدن است. فلزهای این دسته از فلزات گروه‌های IA و IIA سخت‌تر، چگال‌تر و دارای نقاط ذوب و جوش بالاتر هستند.

۱۶۹- دسته‌ای دیگر از عناصر واسطه وجود دارند که تراز f آن‌ها در حال پر شدن است و به عناصر واسطه‌ی داخلی معروف هستند.

۱۷۰- آرایش الکترونی عناصری که در گروه سوم تا دوازدهم قرار دارند (عناصر واسطه) به $(n-1)dns$ ختم می‌شود. مجموع الکترون‌های s و d گروه عنصر را مشخص می‌کند.

$_{21}Sc = [_{18}Ar]3d^1/4s^2$ تناوب چهارم گروه ۳ $_{29}Cu = [_{18}Ar]3d^{10}/4s^1$ تناوب چهارم گروه ۱۱

- آرایش الکترونی لانتانیدها به $6s^2 4f$ ختم می‌شود و آکتنیدها به صورت $7s^2 5f$ نوشته می‌شوند.
- برای تشکیل کاتیون‌ها الکترون از تراز بالاتر برداشته می‌شود و برای تشکیل آنیون‌ها الکترون به تراز آخر اضافه می‌شود.
- در عناصر واسطه برای تشکیل کاتیون ابتدا الکترون از تراز s برداشته می‌شود و اگر لازم بود الکترون‌های بعدی از تراز d برداشته می‌شوند.

$$_{26}Fe = [_{18}Ar]3d^6/4s^2 \quad Fe^{2+} = [_{18}Ar]3d^6 \text{ و } Fe^{3+} = [_{18}Ar]3d^5$$

۱۷۱- در عناصر دسته‌ی p، عنصرهای معروفی مانند کربن، نیتروژن، اکسیژن قلع و سرب دیده می‌شوند.

۱۷۲- عنصرهای ستون هفدهم(VIIA) معروف به نمک ساز(هالوژن) هستند. زیرا به آسانی با فلزها واکنش داده و تولید نمک می‌کنند.

۱۷۳- هالوژن‌ها فعال‌ترین عنصرهای نافلزی هستند زیرا در لایه‌ی ظرفیت خود $(ns^2\ np^5)$ تنها یک الکترون کم دارند تا به آرایش گاز نجیب بعد از خود برسند.

۱۷۴- در گروه VIIA واکنش‌پذیری از بالا به پایین کم می‌شود زیرا با افزایش عدد اتمی، تعداد لایه‌ها نیز افزایش یافته و بار موثر هسته‌ی اتم کاهش یافته و تمایل به جذب الکترون کم می‌شود. به‌طوری‌که عناصر بالای گروه می‌توانند جای عناصر پایین گروه را در ترکیب‌های آن‌ها گرفته و آن‌ها را آزاد سازند: $2KBr + Cl_2 \rightarrow 2KCl + Br_2$

۱۷۵- از اضافه کردن محلول غلیظ هیدروکلریک اسید به مایع سفیدکننده‌ی تجاری(دارای سدیم هیپوکلریت NaClO) می‌توان گاز کلر(محلول آب کلر) به‌دست آورد:

$$NaClO + 2HCl \rightarrow NaCl + \underbrace{Cl_2 + H_2O}_{\text{آب کلر}}$$

۱۷۶- عنصرهای گروه هجدهم(VIIIA) به گازهای نجیب و یا گاز بی‌اثر معروف هستند. از این عناصر به‌جز هلیم، نئون و آرگون که هیچ ترکیب شیمیایی پایداری ندارند، در سال‌های اخیر چند ترکیب شیمیایی ساخته شده است.

۱۷۷- هیدروژن تنها عنصری است که به لحاظ خواص شیمیایی منحصر به فرد خود جدای از جدول تناوبی نوشته شده است. این عنصر نافلز فعالیت شیمیایی زیاد داشته و در طبیعت به‌صورت خالص یافت نمی‌شود.

۱۷۸- هر تناوب با یک فلز قلیایی شروع(به‌جز ردیف اول) و با یک گاز نجیب تمام می‌شود(به‌جز ردیف هفتم).

۱۷۹- به‌طور کلی در یک تناوب با افزایش عدد اتمی و بار مؤثر هسته اتم، از خواص فلزی کاسته شده و برخواص نافلزی اتم افزوده می‌شود. ولی در هر گروه با افزایش عدد اتمی و کاهش بار مؤثر هسته‌ی اتم، از خواص نافلزی کاسته شده و بر خواص فلزی افزوده می‌شود. به‌طوری‌که فعال‌ترین فلز سمت چپ جدول در پایین‌ترین قسمت آن(Cs) و فعال‌ترین نافلز سمت راست جدول بالای گروه VIIA(فلوئور) قرار دارد.

۱۸۰- به نصف فاصله‌ی بین هسته‌ی دو اتم مشابه در یک مولکول دو اتمی شعاع کووالانسی می‌گویند. و به نصف فاصله‌ی بین دو هسته‌ی اتم‌های یک بلور فلزی شعاع واندروالسی می‌گویند.

۱۸۱- در هر تناوب با افزایش عدد اتمی(از چپ به راست) شعاع اتمی کاهش می‌یابد و در هر گروه با افزایش عدد اتمی، شعاع اتمی افزایش می‌یابد.

۱۸۲- وجود الکترون در اوربیتال‌های درونی، از تأثیر نیروی جاذبه‌ی هسته بر الکترون‌های لایه‌ی ظرفیت می‌کاهد که به این پدیده اثر پوششی الکترون‌های درونی گفته می‌شود.

۱۸۳- بار مؤثر هسته‌ی اتم بار الکتریکی مثبتی است که از طرف هسته بر الکترون‌های لایه‌ی بیرونی وارد می‌شود.

۱۸۴- در هر تناوب با افزایش عدد اتمی و بار مؤثر هسته‌ی اتم، انرژی یونش افزایش یافته و در هر گروه نیز با کاهش بار مؤثر هسته‌ی اتم کاهش می‌یابد.

۱۸۵- در مواردی که عدد اتمی دو عنصر یک واحد اختلاف داشته باشند، پایداری اوربیتال‌ها نیز روی مقدار انرژی یونش اثر می‌گذارد. مانند $_4Be$ و $_5B$ که برخلاف انتظار انرژی یونش $_5B$ کمتر از $_4Be$ می‌شود و نیز داریم:

$IE_1\ {}_8O < IE_1\ {}_7N$

۱۸۶- میان شعاع اتمی عنصرها و انرژی نخستین یونش آن‌ها رابطه‌ی عکس وجود دارد.

۱۸۷- به‌طور کلی در گروه‌های اصلی(دسته‌ی s وp) ، در هر تناوب با افزایش عدد اتمی و بار مؤثر هسته‌ی اتم، الکترونگاتیوی عنصرها افزایش یافته و در هر گروه با افزایش عدد اتمی(از بالا به پایین) و با کاهش بار مؤثر هسته‌ی اتم الکترونگاتیوی نیز کاهش می‌یابد.

۱۸۸- به‌طور کلی تغییرات انرژی نخستین یونش و الکترونگاتیوی با تغییرات بار مؤثر هسته‌ی اتم رابطه‌ی مستقیم و با تغییرات شعاع اتمی رابطه‌ی عکس دارد.

۱۸۹- بار مؤثر هسته‌ی اتم با خواص نافلزی رابطه‌ی مستقیم و با خواص فلز رابطه‌ی معکوس دارد.

۱۹۰- عناصر گروه‌های اصلی تمایل دارند به آرایش گاز نجیب نزدیک به خود برسند و در این راه با از دست دادن الکترون(فلزها) و یا با گرفتن الکترون(نافلزها) باعث ایجاد واکنش‌های شیمیایی و ترکیب‌های گوناگون می‌شوند.

۱۹۱- عناصر فلزی گروه‌های IA ، IIA و IIIA به‌ترتیب با از دست دادن یک، دو و سه الکترون تبدیل به کاتیونی با آرایش گاز نجیب قبل از خود شده و به حالت پایدار می‌رسند.

۱۹۲- عناصر نافلز گروه‌های VA ، VIA و VIIA به ترتیب با گرفتن سه، دو و یک الکترون تبدیل به آنیونی با آرایش گاز نجیب بعد از خود شده و به آرایش هشت‌تایی می‌رسند.

۱۹۳- - فلزات واسطه معمولاً با از دست دادن الکترون به آرایش گاز نجیب نمی‌رسند. زیرا در لایه ظرفیت خود تراز d دارند. البته در مواردی امکان دارد به آرایش گاز نجیب برسند. (مانند Sc^{3+})

۱۹۴- یون تک اتمی، کاتیون و یا آنیونی است که تنها از یک اتم تشکیل شده است. مانند F^- و یا Ca^{2+}.

۱۹۵- برای نامیدن کاتیون به اول نام عنصر کلمه‌ی یون اضافه می‌کنیم. مانند یون سدیم Na^+ و برای نوشتن فرمول یون آن را به‌صورت Mg^{2+} و یا Al^{3+} می‌نویسیم.

۱۹۶- برای نوشتن کاتیون‌هایی که بارهای متفاوتی دارند، بار این یون‌ها را با اعداد رومی در داخل پرانتز نشان می‌دهیم. مانند یون منگنز(II) Mn^{2+} و یون منگنز(III) Mn^{3+}.

۱۹۷- برای نامیدن یک آنیون تک اتمی افزون بر به‌کار بردن کلمه‌ی یون پیش از نام آنیون، به انتهای نام نافلز(یا ریشه‌ی نام آن) پس‌وند(ید) اضافه می‌کنیم. مانند یون برمید Br^- و یا یون اکسید O^{2-}.

۱۹۸- ترکیب یونی(یا نمک) به موادی گفته می‌شود که از یون‌های منفی و مثبت تشکیل شده باشد. در این‌گونه ترکیب‌ها پیوند یونی وجود دارد. این پیوند نیروی جاذبه بین یون‌های با بار مخالف است که در اثر انتقال الکترون از فلز به نافلز ایجاد می‌شود.

۱۹۹- پیوند یونی محدود به یک کاتیون و یک آنیون نیست بلکه در تمام جهت‌ها و میان همه‌ی یون‌های ناهمنام مجاور و در فواصل مختلف وجود دارد. به‌همین علت یون‌ها با یک آرایش منظم کنار یک‌دیگر قرار می‌گیرند و تشکیل شبکه‌ی یونی یا شبکه‌ی بلوری را می‌دهند و به‌همین علت در ترکیب‌های یونی ذره واحدی نه نام مولکول وجود ندارد.

۲۰۰- - اگر عنصری یک الکترون (و یا چند الکترون) از دست بدهد به کاتیون تبدیل شده و شعاع یونی آن حتماً کاهش می‌یابد. زیرا با کم شدن الکترون، نسبت پروتون‌ها به الکترون‌ها بیشتر شده و جاذبه بیشتری به الکترون‌ها وارد می‌شود. و نیز امکان دارد با کم شدن الکترون‌ها تعداد لایه‌های اصلی نیز کاهش یابند. پس $r_A > r_{A^{n+}}$.

- اگر عنصر یک الکترون (و یا چند الکترون) بگیرد به آنیون تبدیل می‌شود و شعاع یونی آن حتماً افزایش می‌یابد. زیرا با گرفتن الکترون، نسبت پروتون‌ها به الکترون‌ها کمتر شده و جاذبه کمتری به الکترون‌ها وارد می‌شود. به عبارت دیگر دافعه بین الکترون‌ها بیشتر می‌شود و در نتیجه شعاع یون افزایش می‌یابد. پس $r_{X^{n-}} > r_X$.

۲۰۱- به تعداد نزدیک‌ترین یون با بار مخالف که کنار یک یون قرار می‌گیرند. عدد کئوردیناسیون می‌گویند.

۲۰۲- ترکیب‌های یونی(نمک‌ها) به‌علت داشتن شبکه‌ی یونی خواص مشترکی از خود نشان می‌دهند.

۲۰۳- انرژی شبکه معیار خوبی برای اندازه‌گیری قدرت پیوند در ترکیب‌های یونی است.

۲۰۴- هرچه جاذبه‌ی بین یون‌های مثبت و منفی در ترکیب یونی بیشتر باشد، انرژی شبکه‌ی آن ترکیب بیشتر خواهد بود.

۲۰۵- انرژی شبکه مقدار انرژی آزاد شده به هنگام تشکیل یک مول جامد یونی از یون‌های گازی سازنده آن است.

۲۰۶- - تشکیل شبکه بلور با آزاد شدن انرژی همراه است. هر چه چگالی بار (نسبت $\frac{\text{بار}}{\text{حجم}}$) یون‌های ایجاد کننده شبکه یونی بیشتر باشد، شبکه یونی قوی‌تر شده و انرژی بیشتری آزاد می‌شود.

- جاذبه بین یون‌ها با بار یون نسبت مستقیم و با حجم یون نسبت عکس دارد.
- هر چه شبکه یونی قویتر باشد. نقطه ذوب و جوش ترکیب یونی بالاتر است.
- ترکیب‌های یونی در حالت جامد رسانای جریان الکتریسیته نیستند ولی در حالت محلول و مذاب رسانا هستند. نقاط ذوب و جوش بالایی دارند. سخت و شکننده‌اند.

۲۰۷- فرمول تجربی یک ترکیب یونی ساده‌ترین نسبت یون‌ها را در ترکیب نشان می‌دهد. مثلاً در $Al_۲O_۳$ نسبت کاتیون به آنیون ۲ به ۳ است.

۲۰۸- برای نوشتن یک ترکیب یونی ابتدا کاتیون و در سمت راست آن انیون را نوشته و در مرحله‌ی بعد با جابه‌جا کردن بار یون‌ها و قرار دادن آن‌ها به‌عنوان زیروند، تعداد الکترون‌های رد و بدل شده را برابر می‌کنیم.

۲۰۹- برای نوشتن و یا خواندن نام ترکیب دوتایی ابتدا نام کاتیون و بعد نام آنیون را می‌اوریم.
مانند: آلومینیم اکسید $Al_۲O_۳$

۲۱۰- در مواقعی که یک عنصر چند کاتیون با بارهای متفاوت ایجاد می‌کند، با اعداد رومی در داخل پرانتز بار کاتیون را مشخص می‌کنیم. مانند نیکل(III) کلرید $NiCl_۳$.

۲۱۱- یون چند اتمی، یونی است که از چند اتم یکسان $\left(O_{2}^{2-}\right)$ و یا متفاوت $\left(NH_{4}^{+}\right)$ تشکیل شده است.

۲۱۲- - برای نامیدن یک ترکیب یونی دوتایی ابتدا نام کاتیون و سپس نام آنیون نوشته می‌شود. برای نامیدن آنیون به آخر نام نافلز (یا ریشه نام آن) پسوند «ید» اضافه می‌کنیم. برای کاتیون‌هایی که بیش از یک یون تشکیل می‌دهند مانند بیش‌تر فلزهای واسطه، بار کاتیون را پس از نوشتن نام کاتیون با عدد رومی در داخل پرانتز می‌نویسیم.
- در تشکیل ترکیب‌های یونی، یون‌های چند اتمی نیز شرکت می‌کنند. در یون‌های چند اتمی، اتم‌ها با یکدیگر پیوند شیمیایی داشته و اتم‌ها به صورت یک واحد مستقل عمل می‌کنند و بار منفی یا مثبت به کل مجموعه تعلق دارد. در نوشتن و نام‌گذاری ترکیب‌های یونی شامل یون‌های چند اتمی مانند ترکیب‌های دوتایی عمل می‌شود.

۲۱۳- در برخی ترکیب‌های یونی، یون‌های موجود با مولکول‌های آب پیوند تشکیل می‌دهند و مولکول‌های آب را درون شبکه‌ی بلوری خود به دام می‌اندازند. این‌گونه ترکیب‌ها را نمک آب‌پوشیده و مولکول‌های آب درون شبکه را آب تبلور می‌نامند.

۲۱۴- از به اشتراک گذاشتن الکترون (الکترون‌ها) بین دو اتم نافلز، نیروی جاذبه‌ای ایجاد می‌شود که به آن پیوند کووالانسی می‌گویند.

۲۱۵- اگر دو یا چند اتم با پیوندهای کووالانسی به یک‌دیگر متصل شوند، مولکول به‌وجود می‌آید. از تجمع مولکول‌ها کنار یک‌دیگر ترکیب‌های مولکولی ایجاد می‌شوند.

۲۱۶- در هنگام تشکیل پیوند کووالانسی، اثر نیروهای جاذبه‌ای بسیار بیشتر از مجموع نیروهای دافعه‌ای میان دو هسته و بین دو الکترون است.

۲۱۷- اتم‌های تشکیل‌دهنده پیوند کووالانسی مانند یک فنر دائماً در امتداد محور پیوند نوسان می‌کنند.

۲۱۸- به فاصله تعادلی میان هسته‌های دو اتم درگیر در پیوند، طول پیوند می‌گویند.

۲۱۹- انرژی پیوند، انرژی لازم برای شکستن پیوند کووالانسی و تولید اتم‌های جدا از هم است و واحد آن $kj.mol^{-1}$ است.

۲۲۰- طول پیوند با انرژی پیوند رابطه عکس دارد.

۲۲۱- اگر الکترون‌ها بین دو اتم تشکیل‌دهنده پیوند کووالانس به طور یکنواخت پخش شوند، آن پیوند را کووالانس ناقطبی می گویند. و اگر الکترون‌ها بین دو اتم یکسان توزیع نشوند و روی یک اتم تراکم ابر الکترونی بیشتر از اتم دیگر باشد آن پیوند را کووالانس قطبی می‌نامند.

۲۲۲- اتمی که الکترونگاتیوی بیشتری دارد قطب منفی و اتمی که الکترونگاتیوی کمتری دارد. قطب مثبت پیوند را تشکیل می‌دهد.

۲۲۳- هر چه اختلاف الکترونگاتیوی دو اتم تشکیل‌دهنده پیوند بیشتر باشد، آن پیوند قطبی‌تر است و به عبارت دیگر خصلت یونی پیوند بیشتر خواهد بود.

۲۲۴- اتمی که داری الکترونگاتیوی بیشتر است قطب منفی پیوند (δ^-) و اتمی که الکترونگاتیوی کمتری دارد، دارای بار جزئی مثبت (δ^+) خواهند بود.

$H^{\delta+}—Cl^{\delta-}$

۲۲۵- اگر تفاوت الکترونگاتیوی دو اتم در یک پیوند بین ۰ تا ۰/۴ باشد، معمولاً آن پیوند را کووالانس ناقطبی و بین ۰/۴ تا ۱/۷ را کووالانس قطبی و از ۱/۷ به بالا را معمولاً پیوند یونی می‌نامند.

۲۲۶- مدل الکترون نقطه‌ای یا ساختار لوویس یک اتم تعداد و نوع الکترون‌های لایه ظرفیت (پیوندی یا ناپیوندی) در یک مولکول را نشان می‌دهد.

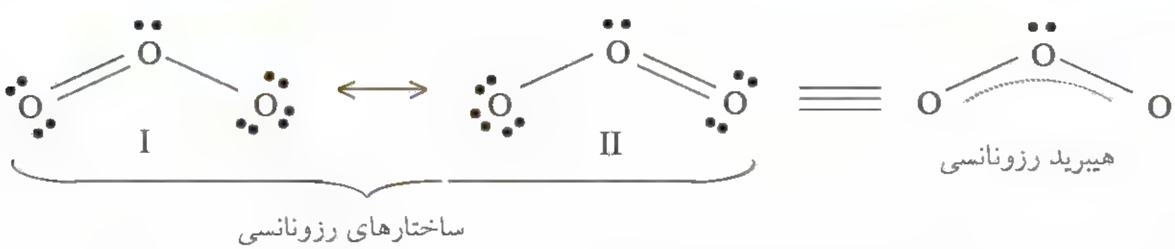
۲۲۷- در مدل الکترون - نقطه‌ای نماد شیمیایی هر عنصر نشان‌دهنده هسته و الکترون های درونی آن بوده و الکترون‌های لایه ظرفیت اتم را با قرار دادن نقطه هایی در اطراف نماد شیمیایی عنصر نشان می‌دهند.

۲۲۸- به جفت الکترون مشترک بین دو اتم، جفت الکترون پیوندی و به الکترون‌هایی که در تشکیل پیوند شرکت نمی‌کنند، الکترون ناپیوندی می‌گویند.

۲۲۹- در پیوند کووالانس یگانه بین دو اتم تشکیل دهنده پیوند یک جفت الکترون به اشتراک گذاشته می‌شود. در پیوند دوگانه دو جفت (چهار الکترون) و در پیوند سه‌گانه سه جفت (شش الکترون) به اشتراک گذاشته می‌شوند.

۲۳۰- برای مولکول‌ها و یون‌هایی که پیوند چندگانه در مجاورت پیوند یگانه دارند معمولاً چند ساختار لوویس می‌توان رسم کرد. در این مولکول‌ها نوعی عدم استقرار الکترون‌ها (رزونانس) مشاهده می‌شود.

۲۳۱- برای مولکول اوزون (O_3) دو ساختار رزونانسی می‌توان رسم نمود که هر دو ساختار احتمال برابری دارند. در این موارد می‌گویند که مولکول واقعی هیچ یک از این ساختارها را ندارد و فقط یک هیبرید رزونانسی از این ساختارهاست.



۲۳۲- اندازه‌گیری‌های انجام شده نشان می‌دهند که در مولکول ($O_۳$) طول پیوندهای O - O یکسان و میانگین طول پیوندهای یگانه و دوگانه O - O است. در ضمن سطح انرژی مولکول واقعی همواره کم‌تر از ساختارهای لوویس جداگانه‌ای که برای آن رسم می‌شود. این مطالب تأیید می‌کنند که مولکول در حالت هیبرید رزونانسی قرار داشته و این حالت پایدارتر است.

۲۳۳- پیوند داتیو یا کووالانس کوئوردینانسی پیوندی است که در ان الکترون‌های اشتراکی توسط یک اتم تأمین می‌شوند و اتم دیگر تنها پذیرنده جفت الکترون می باشد.

۲۳۴- شرط تشکیل پیوند داتیو وجود جفت الکترون ناپیوندی در یک اتم و وجود اوربیتال خالی در اتم دیگر است.

۲۳۵- برای نامگذاری ترکیب‌های مولکولی ابتدا تعداد اتم را با پیش‌وندهای یونانی و بعد نام عنصری را می‌گوییم که در سمت چپ نوشته شده (عنصری که الکترونگاتیوی کمتری دارد) و به دنبال آن تعداد و نام عنصر سمت راست (عنصری که الکترونگاتیوی بیشتری دارد) به اضافه پس‌وند (ید) می‌آوریم.
مانند فسفرپنتاکلرید $PCl_۵$ - دی نیتروژن ترا اکسید $N_۲O_۴$

۲۳۶- بار ظاهری نسبت داده شده به هر اتم را عدد اکسایش آن اتم می‌گویند که نشان‌دهنده تعداد الکترون گرفته شده و یا از دست داده شده توسط آن عنصر است.

۲۳۷- عدد اکسایش هر عنصر به حالت آزاد، (حالت معمولی عنصر) برابر صفر است. زیرا نه الکترون گرفته و نه الکترون از دست داده است. مثل Na ، یا $H_۲$ و یا $F_۲$.

۲۳۸- برای تعیین عدد اکسایش اتم‌هایی که پیوند کووالانس دارند، فرض می‌کنند که عنصر الکترونگاتیوتر الکترون گرفته و عدد اکسایش منفی پیدا کرده و عنصری که الکترونگاتیوی کمتری دارد، الکترون داده و عدد اکسایش مثبت پیدا کرده است.

۲۳۹- در یون‌های تک اتمی عدد اکسایش با بار یون برابر است. مثل ۱+ در Na^+ و یا ۱- در Br^- .

۲۴۰- عدد اکسایش هیدروژن هنگامی که به یک عنصر الکترونگاتیوتر از خود متصل باشد ۱+ در نظر گرفته می‌شود (الکترون از دست داده است) و اگر هیدروژن به عنصری ضعیف‌تر از خود متصل شود دارای عدد اکسایش ۱- خواهد بود (الکترون می‌گیرد). مانند سدیم هیدرید Na^+H^- .

۲۴۱- عدد اکسایش اکسیژن معمولاً ۲- است. مگر در $OF_۲$ که عدد اکسایش آن ۲+ و در پراکسیدها که عدد اکسایش ۱- دارد مانند $H_۲O_۲$.

۲۴۲- در یک ترکیب چندتایی، جمع عددهای اکسایش اتم‌های موجود برابر صفر است. به عبارت دیگر تعداد الکترون‌های رد و بدل شده برابر است.

۲۴۳- در یک یون چند اتمی، جمع عددهای اکسایش برابر بار یون است. $NH_4^+ \rightarrow NH_4 = +1$

۲۴۴- بالاترین عدد اکسایش یک عنصر از شماره گروه آن عنصر بیشتر نمی‌تواند باشد. و کمترین عدد اکسایش یک عنصر تعداد الکترونی است که برای رسیدن به ارایش هشت‌تایی می‌تواند بگیرد.

۲۴۵- در نام‌گذاری ترکیب‌های مولکولی با استفاده از عدد اکسایش، ابتدا نام عنصر سمت چپ (عنصری که الکترونگاتیوی کمتری دارد) را آورده و بعد در پرانتز، عدد اکسایش آن اتم را با اعداد رومی مشخص می‌کنیم و در انتها نام عنصر سمت راست (عنصر الکترونگاتیوتر) را به اضافه پس‌وند (ید) می‌آوریم. مانند گوگرد (IV) اکسید SO_2 .

۲۴۶- فرمول تجربی ساده‌ترین فرمول که شامل نماد شیمیایی عنصرها همراه با زیروندهایی است که کوچک‌ترین نسبت صحیح اتم‌ها را مشخص می‌کند.

۲۴۷- فرمول مولکولی نوع و تعداد واقعی اتمها را در مولکول سازنده یک ترکیب به‌دست می‌دهد.

۲۴۸- در هر موردی فرمول مولکولی مضربی صحیح و کامل از فرمول تجربی است. فرمول مولکولی = (فرمول تجربی)X

۲۴۹- برای تعیین عددی که در فرمول تجربی ضرب می‌شود تا فرمول مولکولی به‌دست آید، کافی‌است که به‌طریق زیر عمل کنیم:

$$\frac{\text{جرم فرمول مولکولی } (gmol^{-1})}{\text{جرم فرمول تجربی } (gmol^{-1})} = X$$

۲۵۰- فرمول ساختاری افزون بر نوع، تعداد عنصرها و تعداد اتم‌های سازنده هر عنصر، شیوه اتصال اتم‌ها به یک‌دیگر را در مولکول نشان می‌دهد.

۲۵۱- ایزومر یا همپار: به ترکیب‌هایی می‌گویند که فرمول یکسانی دارند اما فرمول ساختاری آن‌ها با هم تفاوت می‌کند.

۲۵۲- شکل هندسی مولکول‌ها عامل بسیار مهمی در تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها است.

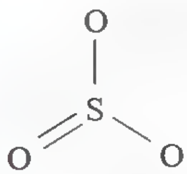
۲۵۳- یکی از نظریه‌هایی که برای پیش‌بینی شکل هندسی مولکول‌ها ارائه شده است، نظریه نیروی دافعه‌ی جفت الکترون‌های لایه ظرفیت (VSEPR) است. طبق این نظریه نیروهای دافعه‌ی موجود بین جفت الکترون‌ها (پیوندی یا ناپیوندی) موجود در یک مولکول موجب می‌شود که این جفت الکترون‌ها تا آن‌جا که امکان داشته باشد، از یک‌دیگر فاصله گرفته و پایدارترین آرایش هندسی را برای مولکول فراهم کنند.

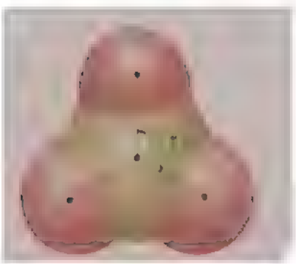
۲۵۴- قلمرو الکترونی به ناحیه‌ای در اطراف اتم مرکزی گفته می‌شود که الکترون‌ها (صرف نظر از تعداد و نوع آن‌ها) در آنجا حضور دارند.

۲۵۵- هر پیوند یگانه، دوگانه و یا سه‌گانه و هم‌چنین الکترون ناپیوندی یک قلمرو الکترونی محسوب می‌شوند.

۲۵۶- در مولکول‌هایی که از سه اتم تشکیل شده‌اند و اتم مرکزی فاقد جفت الکترون ناپیوندی است (در اطراف اتم مرکزی دو قلمرو الکترونی وجود دارد.) آرایش خطی با زاویه ۱۸۰° مشاهده می شود. مانند $H-C\equiv N:$ یا $O=C=O$

۲۵۷- در مولکول‌هایی که از چهار اتم تشکیل شده‌اند و اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی ندارد (سه قلمرو الکترونی) ساختار سه ضلعی مسطح دیده می‌شود. زایه‌ی پیوند در این آرایش ۱۲۰° است.

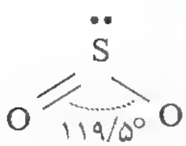




۲۵۸- در مولکول‌هایی که در اطراف اتم مرکزی چهار قلمرو الکترونی وجود دارد و اتم مرکزی فاقد جفت الکترون ناپیوندی است، ساختار چهاروجهی مشاهده می‌شود. مانند CH_4 یا $SiCl_4$. در اینگونه ساختارها، زاویه پیوند ۱۰۹/۵° است.

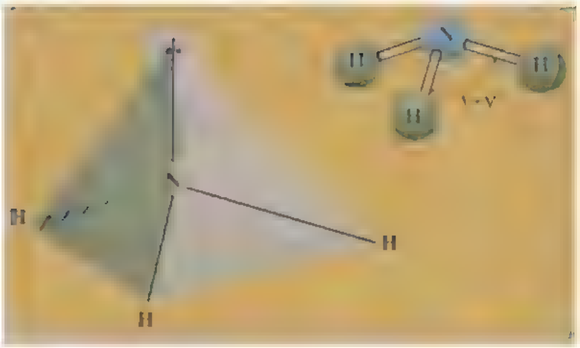


۲۵۹- در مولکول‌هایی که از سه اتم تشکیل شده‌اند و اتم مرکزی یک جفت الکترون ناپیوندی دارد (سه قلمرو الکترونی) ساختار خمیده مشاهده می‌شود. مانند:

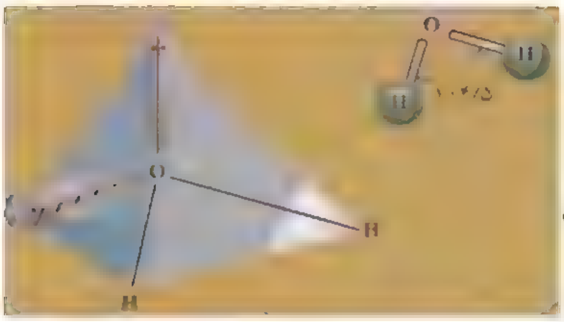


در این حالت چون سه قلمرو الکترونی داریم زوایای پیوندی نزدیک به ۱۲۰° خواهد بود. اما به علت وجود دافعه الکترون ناپیوندی با الکترون پیوندی زاویه از ۱۲۰° کوچکتر می‌شود. (این زاویه در مولکول SO_2 به ۱۱۹/۵° می‌رسد.)

۲۶۰- الکترون ناپیوندی تحت تاثیر یک هسته قرار دارد و نسبت به الکترون پیوندی که تحت تأثیر دو هسته قرار دارد، تحرک بیشتری داشته و فضای بزرگتری را اشغال می‌کند و این امر باعث می‌شود که دافعه بین الکترون ناپیوندی - الکترون پیوندی بیشتر از دافعه الکترون پیوندی - الکترون پیوندی شده و الکترون‌های پیوندی کمی به سوی یکدیگر رانده شوند.



۲۶۱- در مولکول‌هایی که از چهاراتم تشکیل شده‌اند و اتم مرکزی نیز دارای یک جفت الکترون ناپیوندی است (چهار قلمرو الکترونی) ساختار هرمی با قاعده سه‌ضلعی دیده می‌شود. زوایای پیوندی در این مولکول‌ها به علت وجود دافعه الکترون ناپیوندی - الکترون پیوندی که بیشتر از دافعه الکترون پیوندی - الکترون پیوندی است، از حالت چهاروجهی (۱۱۹/۵°) کمتر است. به طور خاص این زاویه در مولکول آمونیاک به ۱۰۷° می‌رسد.



۲۶۲- در مولکول‌هایی که از سه اتم تشکیل شده‌اند و اتم مرکزی دارای دو جفت الکترون ناپیوندی است (چهار قلمرو الکترونی) ساختارخمیده دیده می‌شود. زوایای پیوندی در این نوع مولکول‌ها به علت وجود دافعه الکترون ناپیوندی - الکترون ناپیوندی که بیشتر از دافعه الکترون ناپیوندی - الکترون پیوندی و دافعه الکترون پیوندی - الکترون پیوندی است، از حالت چهاروجهی (۱۰۹/۵°) کمتر است. این زاویه به طور خاص در مولکول آب به ۱۰۴/۵° می‌رسد.

۲۶۳- تا زمانی که مولکول به حالت پایدار نرسیده باشد رابطه‌ی زیر برقرار است:

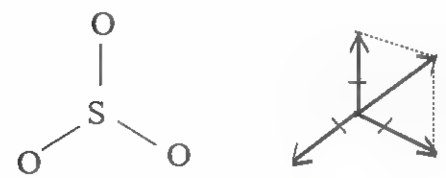
دافعه جفت الکترون‌های پیوندی - پیوندی < دافعه جفت الکترون‌های ناپیوندی - پیوندی < دافعه جفت الکترون‌های ناپیوندی - ناپیوندی

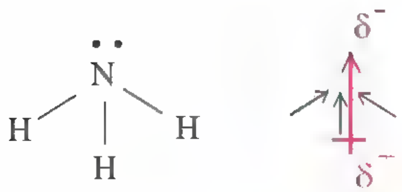
هنگامی که زاوایای پیوندی در اثر وجود این دافعه‌ها تغییر کرد و به مقدار مناسبی رسید و یک حالت تعادل بین نیروها ایجاد شد، این رابطه به تساوی تبدیل می‌شود.

۲۶۴- توزیع ناهمگون (نامتقارن) الکترون‌ها در یک مولکول آن را به یک دوقطبی تبدیل می‌کند، یعنی یک‌سر مولکول بار الکتریکی جزئی مثبت و سر دیگر آن بار الکتریکی جزئی منفی پیدا می‌کند.

۲۶۵- اگر توزیع الکترون‌ها در سرتاسر مولکول همگن (متقارن) باشد، آن مولکول ناقطبی است.

۲۶۶- برای پی بردن به قطبی و یا ناقطبی بودن یک مولکول باید وضعیت بردارهای مشخص کننده قطبی بودن پیوندها را معلوم نمود. مثلاً در مولکول SO_3 و NH_3 با اینکه سه پیوند قطبی $S - O$ و $N - H$ وجود دارد، مولکول SO_3 ناقطبی بوده ولی مولکول NH_3 قطبی است. زیرا در مولکول SO_3 بردارهای نیرو اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند. در صورتی‌که در مولکول NH_3 بردارهای نیرو با یکدیگر جمع شده و اثر یکدیگر را تقویت می‌کنند.



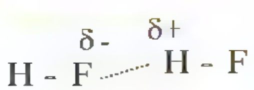


۲۶۷- نیروهای جاذبه‌ای میان مولکول - مولکول و یا یون - مولکول را نیروهای وان‌دروالس می نامند.

۲۶۸- هر چه مولکول‌ها قطبی‌تر و یا حجیم‌تر (سنگین‌تر) باشند. نیروهای وان‌دروالس مربوط به آنها قوی‌تر خواهد بود. البته شکل فضایی مولکول‌ها نیز در این نیروها مؤثر می‌باشد، مثلا هر چه یک مولکول. مسطح‌تر باشد، نیروهای وان‌دروالسی مربوط به آن قوی‌تر می‌باشد.

۲۶۹- هنگامی که هیدروژن یعنی کوچک‌ترین اتم شناخته شده به سه عنصر F , O و یا N (کوچک‌ترین و الکترونگاتیوترین اتم‌ها) متصل می‌شود. پیوند بسیار قطبی به وجود می‌آید که بار جزئی مثبت روی اتم هیدروژن بسیار چشم‌گیر خواهد بود.

۲۷۰- جاذبه بین هیدروژن قطب مثبت از یک مولکول و قطب منفی (F , O , N) از مولکول دیگر را پیوند هیدروژنی می‌نامند.



۲۷۱- بسیاری از مواد موجود در طبیعت دارای کربن و سیلیسیم هستند. به‌طور کلی سیلیسیم جهان غیرزنده را شکل می‌دهد و کربن جهان زنده را به‌وجود می‌آورد.

۲۷۲- اتم کربن تمایل عجیبی به تشکیل پیوندهای کووالانسی محکم با خودش (یگانه، دوگانه و یا سه‌گانه) دارد و به این ترتیب زنجیرها و حلقه‌های بسیار متنوعی ایجاد می‌کند. افزون بر این، کربن می‌تواند پیوندهای محکمی با عنصرهایی مثل H , O , N ، گوگرد و هالوژن‌ها تشکیل دهد.

۲۷۳- کربن در تناوب دوم و در رأس گروه ۱۴ (IVA) جایی میان فلز فعال لیتیم و نافلز بسیار فعال فلوئور قرار دارد. از این رو نه مانند فلزها الکترون از دست می‌دهد و نه مانند نافلزها الکترون می‌گیرد. بلکه از طریق به اشتراک گذاشتن چهار الکترون ظرفیتی خود به آرایش هشت‌تایی پایدار می‌رسد.

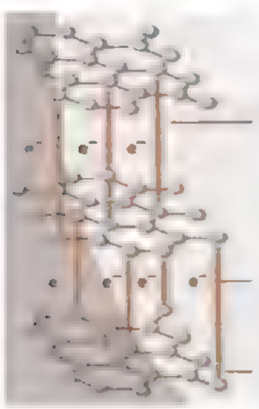
۲۷۴- آلوتروپ یا دگرشکل به شکل‌های گوناگونی از یک عنصر که در طبیعت یافت می‌شوند گفته می‌شود. مانند الماس، گرافیت و فولرن که دگرشکل‌های عنصر کربن است.

۲۷۵- شبکه غول‌آسایی متشکل از میلیاردها اتم که با پیوندهای کووالانسی به‌هم متصل شده‌اند و شبکه‌ای دو یا سه بعدی ایجاد کرده‌اند را جامدهای کووالانسی می‌نامند.

۲۷۶- در بلور الماس هر اتم کربن با چهار اتم دیگر پیوند کووالانسی تشکیل می‌دهد و از این طریق شبکه‌ای سه بعدی ایجاد می‌کند که اتم‌های کربن در آن ساختار چهار وجهی منتظم دارند.

۲۷۷- در گرافیت هر اتم کربن با سه اتم کربن دیگر، چهار پیوند کووالانسی تشکیل می‌دهد که یک پیوند آن نامستقر (رزونانسی) بوده و محل ثابتی ندارد. به عبارت دیگر در گرافیت هر اتم کربن با آرایش سه ضلعی مسطح (°۱۲۰) به سه اتم دیگر متصل شده است. اتصال این اتم‌ها ایجاد شش گوشه‌هایی می‌کند که از اتصال آن‌ها به‌هم صفحه‌ای مشبک به‌وجود می‌آید.

۲۷۸- گرافیت ساختار لایه‌ای دارد. در هر لایه اتم کربن با پیوندهای قوی کووالانس به یکدیگر متصل هستند و مولکول غول‌آسای ورقه ای را به‌وجود آورده‌اند. اما این مولکول‌های صفحه‌ای غول‌آسا به‌وسیله نیروی بین مولکولی ضعیفی روی هم قرار گرفته‌اند و از این‌رو به آسانی روی یکدیگر سُر می‌خورند.



۲۷۹- در ساختار مواد آلی علاوه برکربن، H , O , N , S , P و هالوژن‌ها یافت می‌شوند. به علت گستردگی و تنوع زیاد مواد آلی آنها را بر اساس گروه عاملی موجود در آن‌ها دسته‌بندی می کنند.

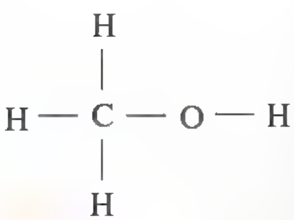
۲۸۰- گروه عاملی آرایش مشخصی از اتم‌هاست که به مولکول آلی دارای آن، خواص فیزیکی وشیمیایی ویژه و منحصر به‌فردی می‌بخشد. ترکیب‌هایی که گروه‌های عاملی یکسانی دارند، رفتار شیمیایی مشابهی از خود نشان می‌دهند.

۲۸۱- هیدروکربن‌ها ساده‌ترین مواد آلی هستند که از کربن وهیدروژن تشکیل شده‌اند.

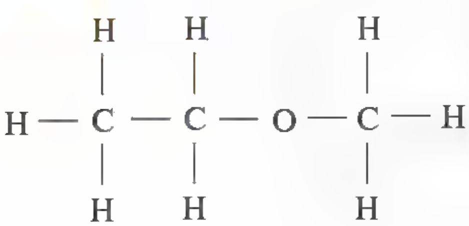
۲۸۲- پیوند دوگانه و پیوند سه‌گانه کربن - کربن گروه عاملی آلکن‌ها و آلکین‌ها محسوب می‌شوند.

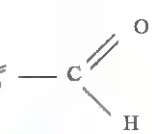
۲۸۳- هیدروکربن
- آلیفاتیک (چرب)
  - آلکان ها: تمامی پیوندهای C - C در آن ها یگانه بوده و ترکیب هایی سیر شده هستند
  - آلکن ها: حداقل یک پیوند C = C در آن ها وجود دارد و ترکیب هایی سیر نشده هستند
  - آلکین ها: حداقل یک پیوند C ≡ C در آن ها وجود داشته و ترکیب هایی سیر نشده هستند
- آروماتیک (معطر)
  - بنزن و ترکیب های مختلفی از آن که موادی سیر نشده محسوب می شوند.

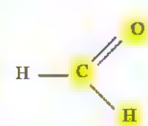
۲۸۴- گروه عاملی الکل‌ها هیدروکسیل (OH -) می باشد. این ترکیب ها به علت داشتن هیدروژن متصل به اکسیژن می‌توانند پیوند هیدروژنی تشکیل دهند.

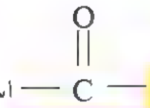

متانول

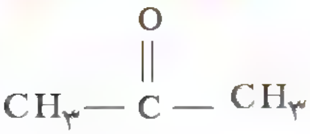
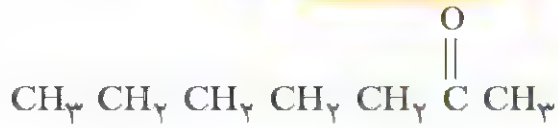
۲۸۵- اترها دارای گروه عاملی (- O -) می‌باشند که حتماً باید اتم اکسیژن به اتم‌های کربن متصل باشد. این ترکیب‌ها ایزومر ساختاری الکل‌ها هستند ولی نمی‌توانند پیوند هیدروژنی تشکیل دهند.

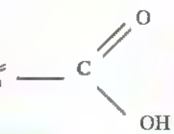

اتیل متیل اتر

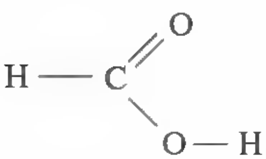
۲۸۶-  گروه عاملی آلدهیدها می‌باشد که تنها یک گروه دیگر (H یا کربن) می‌تواند به آن متصل شود. مانند

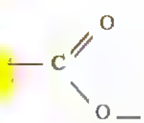
فرمالدهید  که ساده‌ترین آلدهید موجود می‌باشد.

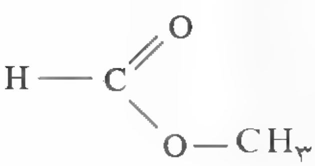
۲۸۷- گروه عاملی کتون‌ها کربونیل  است که حتماً به دو گروه کربنی دیگر متصل می شود. آلدهیدها و کتون‌هایی که کربن یکسان دارند، ایزومر ساختاری یکدیگر هستند.

 استون ۲-هپتانون 

۲۸۸- کربوکسیل  گروه عاملی اسیدها است. این گروه نیز به علت داشتن OH - می تواند در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت کند. اسیدها و استرهای با کربن برابر ایزومر ساختاری یکدیگر می‌باشند.

 فرمیک اسید

۲۸۹-  گروه عاملی استر می‌باشد که به اتم اکسیژن، گروه‌های کربنی متصل می‌شوند. ولی به اتم کربن H و یا کربن دیگری می‌تواند متصل شود. مانند متیل فرمات



۲۹۰- نام‌گذاری آلکان‌ها ($C_nH_{۲n+۲}$)

۱ - به جز چهار آلکان اول (متان، اتان، پروپان و بوتان) که اسامی قدیمی خود را حفظ کرده‌اند، تعداد کربن ها را با یک پیش‌وند مناسب مشخص کرده و به آن پسوند (ان ane -) اضافه می‌کنیم. مثلاً ترکیب‌هایی به فرمول $C_۵H_{۱۲}$ و $C_۶H_{۱۴}$ به‌ترتیب پنتان و هگزان نامیده می‌شوند.

۲۹۱- ۲ - تعداد اتم‌های کربن یک ترکیب آلی را پیش‌وندهایی که در زیر آمده مشخص می‌کنند:

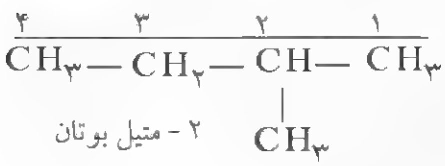
۱/ مت	۴/ بوت	۷/ هپت	۱۰/ دک
۲/ ات	۵/ پنت	۸/ اوکت	
۳/ پروپ	۶/ هگز	۹/ نون	

۲۹۲- ۳ - با کم کردن یک هیدروژن از یک آلکان، گروه‌های آلکیل (C_nH_{2n+1}) حاصل می‌شوند. برای نام‌گذاری آلکیل‌ها کافی است پسوند (ان) را از نام آلکان برداشته و به جای آن پسوند (-یل yl) قراردهیم.

CH_4 متان → $-CH_3$ متیل C_2H_6 اتان → $-C_2H_5$ اتیل

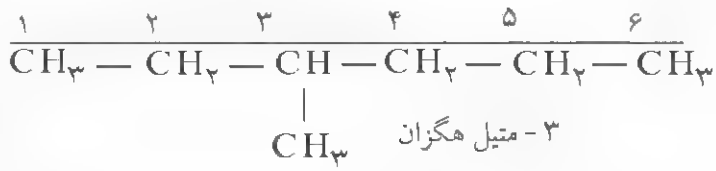
۲۹۳- ۴ - برای نام‌گذاری آلکان‌های شاخه‌دار، ابتدا ترکیب آلی را به دو قسمت تقسیم می‌نمائیم. یک قسمت که دارای تعداد کربن‌های بیشتر است (زنجیر اصلی) و قسمت دیگر که شامل کربن‌های کمتر است، شاخه فرعی نامیده می‌شود.

۲۹۴- ۵ - زنجیر اصلی را از طرفی شماره‌گذاری می‌کنیم که زودتر (با عدد کمتر) به محل شاخه فرعی برسیم و برای نوشتن نام آلکان ابتدا شماره کربن حامل شاخه فرعی و بعد نام شاخه فرعی و در انتها نام زنجیر اصلی را می‌آوریم.



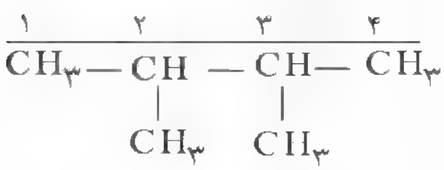
۲ - متیل بوتان

(متیل بوتان)

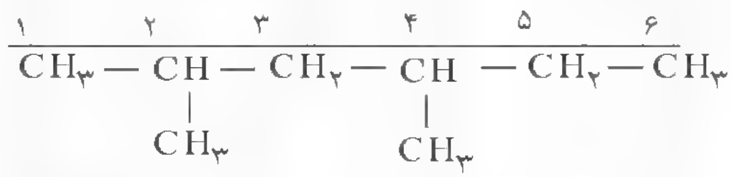


۳ - متیل هگزان

۲۹۵- ۶ - اگر روی زنجیر اصلی چند شاخه فرعی داشته باشد، محل شاخه‌ها را با شماره کمتر روی زنجیر اصلی مشخص کرده و تعداد آنها را با اعداد یونانی دی (۲)، تری (۳)، تترا (۴) و ... مشخص می‌کنیم.

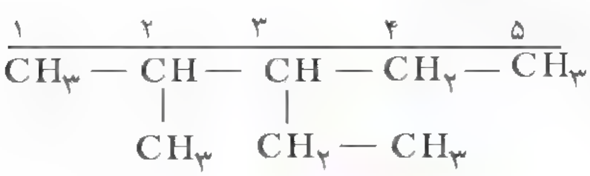


۲ ، ۳ - دی متیل بوتان



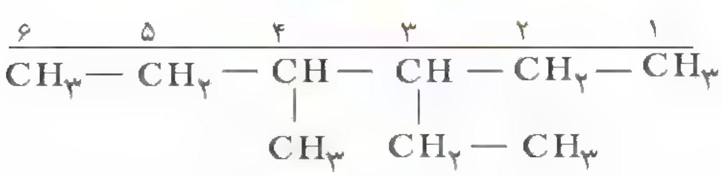
۲ ، ۴ - دی متیل هگزان

۲۹۶- ۷ - اگر روی زنجیر اصلی گروه‌های متفاوتی داشته باشیم، طبق مراحل قبل، ابتدا با اعداد کمتر محل آن‌ها را مشخص می‌کنیم. ولی برای نوشتن نام ترکیب (صرف‌نظر از شماره‌گذاری انجام شده) ابتدا نام گروهی را می‌نویسیم که در حروف الفبای لاتین زودتر بیان می‌شود.



۳ - اتیل - ۲ - متیل پنتان

۲۹۷- ۸ - اگر روی زنجیر اصلی گروه‌های متفاوتی در محل‌های یکسانی داشته باشیم، عدد کمتر به گروهی تعلق می‌گیرد که در حروف الفبای لاتین زودتر بیان می‌شود.



۳ - اتیل - ۴ - متیل هگزان

۲۹۸- نام‌گذاری آلکن‌ها (C_nH_{2n})

۱ - در آلکن‌ها مهم‌ترین ویژگی وجود پیوند دوگانه است و هنگام شماره‌گذاری کربن ها حتماً شماره‌گذاری از طرفی صورت می‌گیرد که عدد کوچکتر به کربن‌های حامل پیوند دوگانه تعلق بگیرد. در آلکن‌ها پسوند (ان) به پس‌وند (- ene ِ---ن -) تبدیل می‌شود.

$CH_3 - CH = CH - CH_3$ ۲ - بوتن

$CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$ ۱ - پنتن

۲۹۹- ۲ - اگر آلکنی دارای شاخه فرعی باشد، با همان شماره‌گذاری که برای تعیین محل پیوند دوگانه انجام می‌شود، محل شاخه فرعی نیز مشخص شده، ابتدا شماره کربن حامل شاخه فرعی و بعد نام شاخه فرعی و در انتها نام زنجیر اصلی آورده می‌شود.

$$\overset{1}{CH_2} = \overset{2}{CH} - \overset{3}{CH_2} - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{4}{CH}} - \overset{5}{CH_3}$$

۴ - متیل ۱ - پنتن

۳۰۰- نام‌گذاری آلکین‌ها (C_nH_{2n-2})

قواعد نام‌گذاری آلکین‌ها مانند آلکن‌ها است. با این تفاوت که پسوند (ان) به پس‌وند (- ین yne -) تبدیل می‌شود.

$CH_3 - C \equiv C - CH_2 - CH_3$ ۲ - پنتین

$CH \equiv C - CH_2 - CH_3$ ۱ - بوتین

۳۰۱- کربن علاوه بر ترکیب‌های زنجیری سیر شده و سیر نشده، ترکیب‌های حلقوی سیر شده و سیر نشده ایجاد می‌کند.

۳۰۲- از پیش‌وند سیکلو (cyclo) به معنای حلقوی برای مشخص کردن ترکیب‌های حلقوی استفاده می‌کنند. مانند سیکلوهگزان C_6H_{12}

۳۰۳- بنزن یکی از مهم‌ترین ترکیب‌های اروماتیک می‌باشد که سیرنشده است.

۳۰۴- آب به طور طبیعی سه مرحله‌ی تصفیه را می‌گذراند: ۱ - هنگام تشکیل شدن برف و باران ۲ - تجزیه برخی از مواد به کمک باکتری‌ها ۳ - جدا شدن ذرات معلق هنگام عبور آب از میان سنگ‌ریزه‌ها

۳۰۵- آبی که دارای نسبت قابل ملاحظه‌ای از یون‌های Mg^{2+} ، Ca^{2+} و Fe^{2+} باشد، آب سخت نامیده می‌شود. در این‌گونه آب‌ها صابون به خوبی کف نمی‌کند.

۳۰۶- فرآیندهای زدودن یون‌هایی که باعث سختی آب می‌شوند را نرم کردن آب می‌گویند.

۳۰۷- سختی آب بر دو نوع است:
آ - سختی موقت که عامل ایجاد آن کلسیم هیدروژن کربنات است.
ب - سختی دایم که یون‌های Mg^{2+} , Ca^{2+} و Fe^{2+} آن را ایجاد می‌کنند.

۳۰۸- تصفیه‌ی آب شهری دارای مراحل: آ - صاف کردن، ب - کلرزنی، پ - لخته‌سازی و ته‌نشینی، ت - ته‌نشین شدن در حوضچه‌های آرامش، ج - گذراندن از صافی شنی و چ - گندزدایی پایانی است

۳۰۹- ما در زیر پوشش نازکی از هوا زندگی می‌کنیم که «هواکره» نامیده می‌شود و تا فاصله‌ی ۳۰ کیلومتری از سطح زمین کشیده شده است.

۳۱۰- «هواکره» نیز مانند دریاها و پوسته‌ی زمین، معدنی سرشار از مواد شیمیایی است و ظرفی برای دور ریختن مواد زاید نیز به شمار می‌آید.

۳۱۱- یک نقش «هواکره»، فراهم آوردن گاز اکسیژن مورد نیاز برای تنفس است.

۳۱۲- بیش‌تر جرم «هواکره» که در فاصله‌ی ۱۰ تا ۱۲ کیلومتری از سطح زمین قرار گرفته است، تروپوسفر نامیده می‌شود.

۳۱۳- در ناحیه‌ی تروپوسفر با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار و دما کاهش می‌یابد.

۳۱۴- دانشمندان «هواکره» را به چند لایه تقسیم می‌کنند. نزدیک‌ترین لایه به سطح زمین تروپوسفر نامیده می‌شود و لایه‌های بعدی به ترتیب استراتوسفر، مزوسفر و ترموسفر نام دارند.

۳۱۵- به طور کلی با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار هوا کاهش می‌یابد و از الگوی منظمی پیروی می‌کند. ولی تغییرات دمایی در هواکره منظم نبوده و در لایه‌های مختلف هواکره تغییر می‌کند.

۳۱۶- با افزایش ارتفاع از سطح زمین، از تعداد ذرات موجود در هواکره کاسته می‌شود و به همین دلیل چگالی هوا نیز با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد.

۳۱۷- فشار، مقدار نیرویی است که بر واحد سطح وارد می‌شود.

۳۱۸- هواکره که مخلوطی از گازهاست، به علت داشتن وزن، در همه جهت‌ها نیرویی بر سطح وارد می‌کند که به آن فشار هوا می‌گوییم.

۳۱۹- فشار هوا در سطح دریا تقریبا برابر با فشاری است که یک وزنه‌ی یک کیلوگرمی بر سطحی به مساحت یک سانتی مترمربع وارد می‌کند. برای اندازه‌گیری فشار هوا از فشارسنج و یا بارومتر جیوه‌ای استفاده می‌شود.

۳۲۰- به میانگین فشار هوا در سطح دریا فشار هوای معمولی می‌گویند که برابر است با نیرویی که یک ستون جیوه‌ای ۷۶۰ میلی‌متری بر سطح وارد می‌کند.

۳۲۱- هر گاز محبوس در یک ظرف نیز بر دیواره‌های آن ظرف فشار وارد می‌کند. این فشار را به کمک فشارسنجی به نام مانومتر اندازه می‌گیرند.

۳۲۲- قانون بویل بیان می‌کند که در دمای ثابت، حاصل ضرب حجم یک نمونه گاز در فشار آن مقداری ثابت است به طوری که اگر حجم گاز کمتر شود، فشار گاز بیشتر می‌شود.

۳۲۳- به جز واحد سانتیگراد از واحد کلوین نیز برای اندزه‌گیری دما استفاده می‌شود. در مقیاس کلوین، ۲۷۳- درجه‌ی سانتیگراد را صفر مطلق می‌نامند.

۳۲۴- قانون شارل: در فشار ثابت، نسبت حجم به دما مقداری ثابت است. به عبارت دیگر در فشار ثابت با افزایش دمای یک گاز، حجم گاز نیز افزایش می‌یابد.

۳۲۵- برای توجیه رفتار گازها از نظریه‌ی جنبش مولکولی گازها استفاده می‌کنند. به گازهایی که رفتار انها با این نظریه قابل پیش‌بینی باشد، گاز ایده‌آل می‌گویند، مانند بیشتر گازهای موجود در هواکره.

۳۲۶- با تقطیر جزء به جزء هوای مایع، اجزای سازنده‌ی ان را جدا می‌کنند.

۳۲۷- اکسیژن فراوان‌ترین عنصر موجود در کره‌ی زمین است که در «هواکره» به صورت O_2، در «آب‌کره» به صورت H_2O و در «سنگ‌کره» به صورت ترکیب شده با عنصرهای دیگر یافت می‌شود.

۳۲۸- اگر اکسیژن به کندی و آرام با عنصرهای دیگر ترکیب شود به طوری که ایجاد شعله و گرما نکند، واکنش را **اکسایش** می‌نامند، مانند زنگ زدن آهن. ولی اگر این واکنش همراه با شعله و گرما باشد، آن را **سوختن یا احتراق** می‌نامند، مانند سوختن گاز متان (CH_4) یا نوار منیزیم.

۳۲۹- محصول واکنش‌های اکسایش و یا سوختن، اکسید عنصرهای مختلف است.

۳۳۰- جابه‌جایی هوای سرد و گرم، جریان هوایی پیوسته‌ای را به‌وجود می‌آورد که عامل تغییر وضعیت آب و هوا در جهان است.

۳۳۱- هنگامی که خورشید به زمین می‌تابد، ان را گرم می‌کند. زمینِ گرم شده، با انرژی کمتری (طول موج بلندتری)، مقداری از این انرژی را باز می‌تاباند. این انرژی به وسیله‌ی مولکول‌های هوا جذب شده و سبب گرم شدن هواکره می‌شود.

۳۳۲- پدیده‌ی به‌دام انداختن و برگرداندن انرژی تابشی به وسیله مولکول‌های کربن دی‌اکسید و گازهای دیگر موجود در هواکره را اثر گلخانه‌ای می‌نامند و گازهایی که به این روش باعث گرم شدن زمین می‌شوند، گازهای گلخانه‌ای نامیده می‌شوند. مانند $CO_۲$ و $CH_۴$.

۳۳۳- لایه‌ی اوزون $(O_۳)$، مانند یک صافی عمل کرده و حدود ۹۹% از تابش فرابنفش خورشید را که به لایه‌ی استراتوسفر می‌رسد، جذب می‌کند.

۳۳۴- ترکیب‌هایی با نام «کلروفلوئوروکربن‌ها» (CFC)، باعث نابودی اوزون می‌شوند. بر اثر تابش فرابنفش در استراتوسفر، مولکول‌های CFC می‌شکنند و اتم‌های کلر ایجاد می‌کنند. اتم‌های کلر نیز با مولکول‌های $O_۳$ ترکیب شده و انها را به $O_۲$ تبدیل می‌کنند که باعث نابودی لایه‌ی اوزون می‌شوند.

$$\text{CFC مولکول} \xrightarrow[\text{فرابنفش}]{\text{تابش}} \text{Cl اتم}$$

$$O_۳ + Cl \rightarrow ClO + O_۲$$

$$ClO + O \rightarrow Cl + O_۲$$

۳۳۵-

بخش اول: واکنش‌های شیمیایی و استوکیومتری

مقدمه

در این قسمت مطالبی از سال‌های گذشته را مرور می‌کنیم که در این بخش کم و بیش به آن‌ها نیاز داریم:

یکاهای اندازه‌گیری

هم‌اکنون همه‌ی مردم برای ارایه‌ی یافته‌ها و گزارش خود از یکاهای یکسانی استفاده می‌کنند. این سیستم بین‌المللی SI (سیستم متریک) نامیده می‌شود.

جدول ۱ یکاهای پایه‌ی SI را نشان می‌دهد.

کمیت فیزیکی	نام واحد	علامت اختصاری
جرم	کیلوگرم	Kg
طول	متر	m
زمان	ثانیه	S
دما	کلوین	K
مقدار جسم	مول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	شمع	cd

جدول ۱: یکاهای پایه SI

۲۳۶- تبدیل یکاها

سیستم SI مجموعه‌ای از پیشوندها را نیز در بر دارد که برای کمیت‌های بزرگتر و کوچکتر از یکای پایه مورد استفاده قرار می‌گیرد. جدول۲ بعضی از این پیشوندها را نشان می‌دهد.

پیشوند	علامت اختصاری	معنی	مثال
مگا	M	$۱۰^{۶}$	۱ مگاتن = $۱۰^{۶}$ تن
کیلو	K	$۱۰^{۳}$	۱ کیلوگرم (Kg) = $۱۰^{۳}$ گرم
دسی	d	$۱۰^{-۱}$	۱ دسی‌متر (dm) = ۰/۱m
سانتی	c	$۱۰^{-۲}$	۱ سانتی‌متر (cm) = ۰/۰۱m
میلی	m	$۱۰^{-۳}$	۱ میلی‌متر (mm) = ۰/۰۰۱m
میکرو	μ*	$۱۰^{-۶}$	۱ میکرومتر (μm) = $۱۰^{-۶}$m
نانو	n	$۱۰^{-۹}$	۱ نانومتر (nm) = $۱۰^{-۹}$m
پیکو	p	$۱۰^{-۱۲}$	۱ پیکومتر (pm) = $۱۰^{-۱۲}$m

جدول۲: پیشوندها در سیستم SI

* حرف یونانی که «مو» تلفظ می‌شود

۲۳۷- تبدیل یکاها از طریق ضرایب تبدیل (تجزیه‌ی ابعادی)

تجزیه‌ی ابعادی یک روش اصولی برای تبدیل یکاها و حل مسایل عددی است. به طور ساده هر عدد در یک مسأله بایستی دارای یکایی باشد. اگر اعداد موجود در یک محاسبه به درستی مورد عمل قرار گیرند، در آن صورت، یکاهای آن‌ها بایستی حذف شده و جواب نهایی بر حسب یکاهای درستی به دست آید.

اولین مرحله یافتن رابطه میان این دو یکاست. مانند:

$$۱m = ۱۰۰۰cm \quad \text{و} \quad ۱Cal = ۴/۱۸J$$

ضرایب تبدیلی که برای تبدیل کردن یکاها به یکدیگر به کار می‌روند را می‌توان با نوشتن رابطه‌ی کسری میان یکاها به دست آورد. مانند:

$$\frac{۱km}{۱۰۰۰m} \quad \text{یا} \quad \frac{۱۰۰۰m}{۱km}$$

نکته: مقدار ضرایب تبدیل معادل یک است.

$$\frac{۱km}{۱۰۰۰m} = ۱$$

نکته: در ضریب تبدیل به کار رفته، یکای اندازه‌گیری اولیه در مخرج و یکای اندازه‌گیری مورد نظر در صورت است.

$$\text{ضریب تبدیل} = \frac{\text{یکای مورد نظر}}{\text{یکای اولیه}}$$

مثال ۱: ۵۰ کالری معادل چند ژول است؟

حل: ابتدا رابطه میان این دو یکا را پیدا می‌کنیم:

$$۱Cal = ۴/۱۸J$$

سپس با توجه به نکته بالا ضریب تبدیل مورد نظر را به دست می‌آوریم:

$$\text{ضریب تبدیل} = \frac{\text{یکای مورد نظر}(J)}{\text{یکای اولیه}(Cal)}$$

در آخرین مرحله تبدیل را انجام می‌دهیم:

$$\underbrace{?J}_{\text{مجهول}} = \underbrace{۵۰\,\cancel{Cal}}_{\text{معلوم}} \times \underbrace{\frac{۴/۱۸J}{۱\,\cancel{Cal}}}_{\text{ضریب تبدیل کالری به ژول}} = ۲۰۹J$$

مثال ۲: ۴g/l معادل چند $kg/m^۳$ است؟ (l علامت اختصاری لیتر است)

حل: ابتدا رابطه‌ی بین یکاها را بدست می‌آوریم:

$$۱۰۰۰g = ۱kg$$

$$۱۰۰۰l = ۱m^۳$$

حال با استفاده از ضرایب تبدیل مجهول مسأله را محاسبه می‌کنیم:

$$\underbrace{?\frac{kg}{m^۳}}_{\text{مجهول}} = \underbrace{۴\frac{\cancel{g}}{\cancel{l}}}_{\text{معلوم}} \times \underbrace{\frac{۱kg}{۱۰۰۰\,\cancel{g}}}_{\text{تبدیل گرم به کیلوگرم}} \times \underbrace{\frac{۱۰۰۰\,\cancel{l}}{۱m^۳}}_{\text{تبدیل لیتر به مترمکعب}} = ۴\frac{kg}{m^۳}$$

تذکر: چون $m^۳$ در مخرج قرار داشت، ضریب تبدیل آن نیز عکس آنچه که در نکته قبل گفته شده نوشته می‌شود.

$$\frac{\text{یکای مورد نظر}(m^۳)}{\text{یکای اولیه}(l)} \xrightarrow{\text{معکوس شده}} \frac{l}{m^۳}$$

۳۳۸- فرمول‌نویسی و نام‌گذاری ترکیب‌های شیمیایی

برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب‌ها، آن‌ها را به دو گروه کلی تقسیم می‌کنیم:

۱- ترکیب‌های دوتایی

۲- ترکیب‌های سه‌تایی

۳۳۹- روش نوشتن فرمول شیمیایی و نام‌گذاری ترکیب‌های دوتایی

ترکیب‌های دوتایی ترکیب‌هایی هستند که شامل دو نوع عنصر هستند مانند H_2O.

این نوع ترکیب‌ها را به سه دسته تقیسم می‌کنیم:

۱- ترکیب‌های دوتایی فلز با نافلز

۲- ترکیب‌های دوتایی نافلز با نافلز

۳- ترکیب‌های دوتایی هیدروژن با نافلز

۳۴۰- ترکیب‌های دوتایی فلز با نافلز

برای نوشتن فرمول شیمیایی این دسته ابتدا نماد شیمیایی فلز را در سمت چپ و نماد شیمیایی نافلز را در سمت راست می‌نویسیم. سپس ظرفیت آن‌ها را به صورت زیروند مبادله می‌کنیم و اگر ظرفیت عنصرها قابل ساده کردن با یکدیگر باشند آن‌ها را ساده می‌کنیم.

برای مثال: $Mg_{\not 2}O_{\not 2} \longrightarrow MgO$

برای نام‌گذاری ابتدا نام فلز و به دنبال آن نام نافلز با پسوند - ید - آورده می‌شود.

آلومینیوم اکسید Al_2O_3 سدیم سولفید Na_2S

باریم اکسید BaO منیزیم برمید $MgBr_2$

به عبارت دیگر ابتدا نام کاتیون و سپس نام آنیون را می‌اوریم.

تذکر: نام برخی از آنیون‌ها تا حدی تفاوت داشته و از نام لاتین آن‌ها استفاده می‌شود.

N^{3-} نیترید، H^- هیدرید، O^{2-} اکسید، S^{2-} سولفید

نکته: برای فلزهایی با چند ظرفیت بعد از نام فلز ظرفیت آن را با اعداد رومی داخل پرانتز نشان می‌دهیم:

سرب (II) کلرید $PbCl_2$ آهن (II) اکسید FeO

۳۴۱- ترکیب‌های دوتایی نافلز با نافلز

برای نوشتن فرمول شیمیایی این نوع ترکیب‌ها ابتدا نماد شیمیایی نافلز با ظرفیت بیش‌تر و سپس نماد شیمیایی نافلز با ظرفیت کم‌تر را می‌نویسیم.

نکته: می‌توان از سری زیر نیز برای نوشتن فرمول شیمیایی استفاده کرد. یعنی عنصر سمت راست را ابتدا نوشته و عنصر سمت چپ را در سمت چپ می‌نویسیم.

Si B P H C S I Br N Cl O F

مانند: SiO_2 ، PCl_3 البته در بعضی موارد استثناء وجود دارد. NH_3 ، CH_4

برای نام‌گذاری ابتدا تعداد اتم‌ها و نام نافلز سمت چپ و به دنبال آن تعداد اتم‌ها و نام نافلز سمت راست را به همراه پسوند - ید - می‌آوریم.

تذکر: برای تعداد اتم‌ها از پیشوندهای یونانی استفاده می‌کنیم:

مونو	دی	تری	تترا	پنتا	هگزا	هپتا
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷

N_2O_5 دی نیتروژن پنتا اکسید CO کربن مونوکسید CCl_4 کربن تتراکلرید B_2O_3 دی بور تری اکسید

تذکر: بسیاری از این ترکیب‌ها را می‌توان به روش دیگری نیز نام‌گذاری کرد.

ابتدا نام نافلز سمت چپ را نوشته سپس ظرفیت آن را با عدد رومی داخل پرانتز می‌آوریم. و به دنبال آن نام نافلز سمت راست را به همراه پسوند - ید - می‌نویسیم.

N_2O_5 نیتروژن (V) اکسید PCl_3 فسفر (III) کلرید SF_6 گوگرد (VI) فلوئورید

۳۴۲- ترکیب‌های دوتایی هیدروژن با نافلز

برای نوشتن فرمول شیمیایی از سری ذکر شده در قسمت قبلی استفاده می‌کنیم. H_2S ، HCl

برای نام‌گذاری این ترکیب‌ها، ابتدا کلمه‌ی هیدروژن و به دنبال آن نام نافلز را به همراه پسوند - ید - می‌آوریم.

هیدروژن سولفید H_2S هیدروژن یدید HI

برخی از ترکیب‌های دوتایی هیدروژن با نافلزها نام قدیمی دارند مانند:

سیلان SiH_4 ، متان CH_4 ، آمونیاک NH_3 ، آب H_2O

بیش‌تر ترکیب‌های دوتایی هیدروژن با نافلزها وقتی در آب حل می‌شوند، محلول اسیدی به وجود می‌آورند. (اسیدهای دوتایی که نماد شیمیایی هیدروژن در سمت چپ آن‌ها قرار می‌گیرد)

برای نام‌گذاری اسیدهای دوتایی، ابتدا پیشوند هیدرو سپس نام نافلز به همراه پسوند - یک - و به دنبال آن کلمه‌ی اسید را می‌آوریم.

هیدروفلوئوریک اسید HF هیدروسولفوریک اسید H_2S

۳۴۳- روش نوشتن فرمول شیمیایی و نام‌گذاری ترکیب‌های سه‌تایی

این ترکیب‌ها از سه نوع عنصر متفاوت تشکیل شده‌اند و آن‌ها را به سه گروه طبقه‌بندی می‌کنند:

۱- هیدروکسیدها یا بازها
۲- اسیدهای اکسیژن‌دار
۳- نمک‌ها

۳۴۴- هیدروکسیدها یا بازها

ترکیب‌هایی هستند که حاوی یون هیدروکسید (OH^-) و یون فلزی (کاتیون) می‌باشند.

تذکر: گروه OH^- یک یون چند اتمی است. یون‌های چند اتمی ذره‌های بارداری هستند که از دو یا چند اتم تشکیل شده‌اند. بار این یون‌ها نیز مانند یون‌های تک اتمی به منزله‌ی ظرفیت آن‌هاست.

برای نوشتن فرمول شیمیایی آن‌ها، نماد شیمیایی فلز را در سمت چپ و OH^- را در سمت راست آن می‌نویسیم. سپس ظرفیت‌ها را مبادله می‌کنیم مانند:

$$NaOH \text{ ، } Al(OH)_3 \text{ ، } Mg(OH)_2$$

برای نام‌گذاری این ترکیب‌ها ابتدا نام فلز و به دنبال آن کلمه‌ی هیدروکسید را می‌آوریم:

پتاسیم هیدروکسید KOH کلسیم هیدروکسید $Ca(OH)_2$

در صورتی که فلز دارای چند ظرفیت باشد، ظرفیت فلز را با عدد رومی داخل پرانتز در جلوی نام فلز می‌آوریم، مانند:

آهن (III) هیدروکسید $Fe(OH)_3$ مس (II) هیدروکسید $Cu(OH)_2$

۳۴۵- اسیدهای اکسیژن‌دار

این ترکیب‌ها از سه عنصر هیدروژن، اکسیژن و غالباً یک نافلز تشکیل شده‌اند و معمولاً از واکنش اکسید نافلز با آب به دست می‌آیند.

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

فرمول شیمیایی آن‌ها از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول هیدروژن که در سمت چپ فرمول قرار دارد و بخش دوم یک یون چند اتمی حاوی نافلز و اکسیژن است.

برای نام‌گذاری این اسیدها، ابتدا نام نافلز را به همراه پسوند - یک - می‌آوریم و به دنبال آن کلمه‌ی اسید را می‌نویسیم.

کربنیک اسید H_2CO_3

اگر نافلزی دو عدد اکسایش داشته باشد، دو اسید مختلف تشکیل می‌دهد. که برای نام‌گذاری اسیدی که در آن عدد اکسایش نافلز کوچکتر است بعد از نام نافلز پسوند - و - می‌آوریم و برای نام‌گذاری اسیدی که در آن عدد اکسایش نافلز بزرگتر است بعد از نام پسوند - یک - می‌آوریم.

نیترواسید HNO_2 نیتریک اسید HNO_3 سولفورواسید H_2SO_3 سولفوریک اسید H_2SO_4

برخی از نافلزها مانند کلر دارای چهار عدد اکسایش می‌باشند. که در نام اسید مربوط به کوچکترین عدد اکسایش، قبل از نام نافلز پیشوند هیپو و بعد از آن پسوند - و - و در نام اسید مربوط به بزرگترین عدد اکسایش، قبل از نام نافلز پیشوند - پر - و بعد از آن پسوند - یک - می‌آوریم.

پرکلریک اسید $HClO_4$ کلریک اسید $HClO_3$ کلرواسید $HClO_2$ هیپوکلرواسید $HClO$

۳۴۶- بنیان اسیدی

اگر یک اسید همه یا تعدادی از هیدروژن‌های خود را از دست بدهد، آن‌چه باقی می‌ماند، بنیان اسید نامیده می‌شود.

$$HNO_3 \longrightarrow NO_3^-$$

بنیان اسید، یون چند اتمی است و بار آن برابر تعداد اتم‌های هیدروژنی است که از اسید جدا شده است. و بار آن به منزله‌ی ظرفیت آن است.

برای نام‌گذاری بنیان هر اسید واژه‌ی اسید را حذف کرده به جای پسوند - و - پسوند - یت - و به جای پسوند - یک - پسوند - ات - قرار می‌دهیم.

$$H_2SO_4 \longrightarrow SO_4^{2-} \qquad HNO_2 \longrightarrow NO_2^-$$

سولفوریک اسید ← سولفات   نیترواسید ← نیتریت

در بعضی از بنیان‌ها که هیدروژن اسیدی در آن‌ها باقی است نام هیدروژن را در ابتدای نام بنیان می‌آوریم.

دی هیدروژن فسفات $H_2PO_4^-$ هیدروژن سولفیت HSO_3^-

۳۴۷- نمک‌ها

اگر به جای هیدروژن یک اسید فلز یا یون آمونیوم $\left(NH_4^+\right)$ قرار گیرد، ترکیب حاصل نمک نامیده می‌شود.

در فرمول شیمیایی نمک‌ها، فلز در سمت چپ و بنیان در سمت راست قرار می‌گیرد و ظرفیت‌ها مبادله می‌شوند.

$$Ca_3(PO_4)_2$$

برای نام‌گذاری نمک‌ها ابتدا نام فلز سپس نام بنیان را می‌آوریم.

کلسیم سولفات $CaSO_4$ ، کلسیم فسفات $Ca_3(PO_4)_2$

در صورتی که فلز دارای ظرفیت‌های متعدد باشد. بعد از نام فلز ظرفیت آن را داخل پرانتز با عدد رومی نشان می‌دهیم.

سرب (II) کلرات $Pb(ClO_3)_2$

در انتها، جداول اعداد اکسایش (ظرفیت‌ها) یون‌های تک اتمی و چند اتمی ارایه شده‌اند:

۱+

K^+	پتاسیم
Na^+	سدیم
Li^+	لیتیم
Ag^+	نقره
H^+	هیدروژن
Cu^+	مس (I)
Rb^+	روبیدیم
Cs^+	سزیم

۲+

Fe^{2+}	آهن (II)
Sr^{2+}	استرانسیم
Ba^{2+}	باریم
Hg^{2+}	جیوه (II)
Zn^{2+}	روی
Sn^{2+}	قلع (II)

۲+

Cd^{2+}	کادمیم
Co^{2+}	کبالت (II)
Ca^{2+}	کلسیم
Cu^{2+}	مس (II)
Mn^{2+}	منگنز (II)
Mg^{2+}	منیزیم
Ni^{2+}	نیکل

۳+

Al^{3+}	آلومینیوم
Cr^{3+}	کروم (III)
Fe^{3+}	آهن (III)

۲-

O^{2-}	اکسید
S^{2-}	سولفید

۴+

Pb^{4+}	سرب (IV)

۱-

Br^-	برمید
F^-	فلوئورید
Cl^-	کلرید
H^-	هیدرید
I^-	یُدید

جدول۳: اعداد اکسایش یون های تک اتمی

۱+

NH_4^+	آمونیوم

۳-

PO_4^{3-}	فسفات

۱-

NO_3^-	نیترات
NO_2^-	نیتریت
ClO^-	هیپوکلریت
OH^-	هیدروکسید

۲-

O_2^{2-}	پراکسید
$Cr_2O_7^{2-}$	دی کرومات
SO_3^{2-}	سولفیت
SO_4^{2-}	سولفات
SiO_3^{2-}	سیلیکات
CO_3^{2-}	کربنات

۱-

CH_3COO^-	استات
ClO_4^-	پرکلرات
MnO_4^-	پرمنگنات
CN^-	سیانید
ClO_3^-	کلریت

۳۴۸- مسایل مبتنی بر فرمول شیمیایی (جرم اتمی و مول)

واحد جرم اتمی (amu) (واحد کربنی) - جرم ذره‌های بسیار کوچک (مانند اتم‌ها - ذره‌های زیر اتمی) را با واحد جرم اتمی که $\frac{1}{12}$ جرم اتم کربن ۱۲ $\left({}^{12}_{6}C\right)$ می‌باشد اندازه‌گیری می‌کنند.

$$1\,amu = \frac{1}{N}g \qquad N: \text{عدد آووگادرو}$$

۳۴۹- جرم اتمی

جرم هر اتم بر حسب واحد کربنی (واحد جرم اتمی) را جرم اتمی گویند. مانند:

یک اتم سدیم (Na) = ۲۳amu

۳۵۰- مول

به $6/022 \times 10^{23}$ ذره از هر جسم یک مول گفته می‌شود.

$$1\,mol\ H_2SO_4 = 6/022 \times 10^{23}\ H_2SO_4$$

۳۵۱- اتم گرم

به جرم یک مول از هر اتم، اتم گرم آن گفته می‌شود.

مانند: اتم گرم اکسیژن ۱۶ گرم است. یعنی یک مول اتم اکسیژن ۱۶ گرم جرم دارد.

تذکر: اتم گرم هر عنصری از نظر عددی با جرم اتمی یکسان است. با این تفاوت که واحد اتم گرم برحسب گرم گزارش می‌شود.

۳۵۲- جرم مولکولی (جرم مولی)

به مجموع جرم‌های اتمی اتم‌های تشکیل دهنده‌ی آن مولکول، جرم مولکولی گویند.

مانند جرم مولکولی سولفوریک اسید (H_2SO_4) برابر است با:

$$H = 1 \ ، \ S = 32 \ ، \ O = 16$$

$$H_2SO_4 = 2 \times 1 + 32 + 4 \times 16 = 98$$

۳۵۳- مولکول گرم

به جرم یک مول از هر مولکول، مولکول گرم آن گفته می‌شود.

مانند: مولکول گرم سولفوریک اسید ۹۸ گرم است. یعنی یک مول آن جرمی معادل ۹۸ گرم دارد.

تذکر: مولکول گرم از نظر عددی با جرم مولکولی برابر است با این تفاوت که واحد مولکول گرم بر حسب گرم گزارش می‌شود.

تذکر: شیمیدان‌ها برای واژه‌های اتم گرم و مولکول گرم واژه‌ی معادلی به نام جرم مولی را معرفی می‌کنند، جرم مولی یعنی جرم یک مول اتم یا مولکول بر حسب گرم.(g/mol)

۳۵۴- درصد وزنی عنصرها در ترکیب

$$\text{درصد جرمی عنصر} = \frac{\text{جرم عنصر در ترکیب}}{\text{جرم ترکیب}} \times ۱۰۰$$

مثال۳: درصد جرمی آهن در آهن (III) سولفات را محاسبه کنید. $Fe = ۵۶ , O = ۱۶ , S = ۳۲$

حل: در آهن (III) سولفات، $Fe_۲(SO_۴)_۳$ ، در هر مول از این ترکیب: ۲ مول Fe، ۳ مول S و ۱۲ مول O وجود دارد.

از طرفی:

$$۲mol Fe = (۲ \times ۵۶) g Fe = ۱۱۲ g Fe$$

$$Fe_۲(SO_۴)_۳ = ۲ \times ۵۶ + ۳ \times ۳۲ + ۱۲ \times ۱۶ = ۴۰۰$$

$$\%Fe = \frac{۱۱۲}{۴۰۰} \times ۱۰۰ = \%۲۸$$

مثال۴: $۱۰^{۲۰} \times ۳/۰۱$ مولکول اکسیژن چند گرم جرم دارد؟ $O = ۱۶$

$$۱mol O_۲ = ۳۲g O_۲$$
$$۱mol O_۲ = ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} O_۲$$

حل: رابطه‌ی بین تعداد و جرم ذره عبارتست از:

$$۳۲g O_۲ = ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$$

$$?gO_۲ = ۳/۰۱ \times ۱۰^{۲۰} \cancel{O_۲} \times \frac{۳۲ g O_۲}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} \cancel{O_۲}} = ۰/۰۱۶ g$$

مثال۵: ۸/۸ گرم کربن دی اکسید چند مول است؟ $C = ۱۲ , O = ۱۶$

حل:

$$CO_۲ = ۱۲ + ۱۶ \times ۲ = ۴۴ \qquad ۱mol CO_۲ = ۴۴g CO_۲$$

$$?mol CO_۲ = ۸/۸ g \cancel{CO_۲} \times \frac{۱ mol CO_۲}{۴۴ g \cancel{CO_۲}} = ۰/۲ mol$$

۳۵۵- معادله یک واکنش شیمیایی

یک معادله شیمیایی در واقع یک جمله یا عبارت به زبان شیمی است.

۳۵۶- نحوه‌ی نوشتن معادله‌ی شیمیایی

معادله‌ی شیمیایی را به دو فرم نوشتاری و نمادی نمایش می‌دهند:

فرم نوشتاری: اکسیژن + جیوه ⟵ جیوه (II) اکسید

فرم نمادی: $C_۲H_۶ + O_۲ \longrightarrow CO_۲ + H_۲O$

۳۵۷- موازنه‌ی واکنش‌ها

منظور از موازنه‌ی واکنش شیمیایی برقراری قانون پایستگی ماده در معادله‌ی شیمیایی است.

مثال۶: به معادله واکنش زیر (معادله نمادی) توجه کنید.

حل: با قرار دادن ضرایب مناسب در پشت ترکیب‌ها تعداد اتم‌ها را در دو طرف معادله یکسان می‌کنیم.

$$\underline{۴}Al_{(s)} + \underline{۳}O_{۲(g)} \longrightarrow \underline{۲}Al_۲O_{۳(s)}$$

$Al = ۴$ اتم $\longrightarrow$ $Al = ۲\times ۲ = ۴$ اتم

$O = ۳\times ۲$ اتم $\longrightarrow$ $O = ۲\times ۳$ اتم

مثال۷: معادله واکنش زیر را در صورت موازنه نبودن موازنه کنید.

$$\square Li_{(s)} + \square\ O_{۲(g)} \longrightarrow \square Li_۲O_{(s)}$$

حل: (فرآورده‌ها) تعداد اتم‌های راست $\longleftarrow$ تعداد اتم‌های چپ (واکنش دهنده‌ها)

$Li = ۱$	$Li = ۲$
$O = ۲\times ۱ = ۲$	$O = ۱$

نکته: در هنگام موازنه یک معادله هیچ‌گاه نمی‌توان زیروند یک اتم را تغییر دارد زیرا با تغییر زیروند ماهیت ماده تغییر می‌کند.

کار موازنه را از اتم‌هایی که فقط یک بار تکرار شده‌اند آغاز می‌کنیم با قرار دادن یک ضریب ۲ (پشت $Li_۲O$) تعداد اکسیژن‌های دو طرف یکسان می‌شود.

در گام دوم تعداد اتم‌های دیگر (Li) را موازنه می‌کنیم برای این کار چون سمت راست ۴ اتم Li وجود دارد با قرار دادن ضریب ۴ (پشت Li) تعداد اتم‌های Li را در دو طرف یکسان می‌کنیم.

$$۲Li_{(s)} + \frac{۱}{۲}O_{۲(g)} \longrightarrow Li_۲O_{(s)}$$ $\longleftarrow$ فرم نادرست

$$۴Li_{(s)} + O_{۲(g)} \longrightarrow ۲Li_۲O_{(s)}$$ $\longleftarrow$ فرم درست

۳۵۸- دسته‌بندی برخی واکنش‌های شیمیایی مهم

به طور کلی آن‌ها را به پنج دسته تقسیم می‌کنند:

واکنش ترکیبی:

$$NH_{۳(g)} + HCl_{(g)} \longrightarrow NH_{۴}Cl_{(s)}$$

$$۶CO_{۲(g)} + ۶H_{۲}O_{(l)} \xrightarrow{\text{فتوسنتز}} C_{۶}H_{۱۲}O_{۶(aq)} + ۶O_{۲(g)}$$

واکنش سوختن:

$$Ca_{(s)} + O_{۲(g)} \xrightarrow{\Delta} ۲CaO_{(s)} + q$$

$$S_{(g)} + O_{۲(g)} \xrightarrow{\Delta} SO_{۲(g)} + q$$

تذکر: اورانیوم در گاز فلوئور می‌سوزد و تولید تترافلوئورید سبز رنگ می‌کند در حالی‌که اکسیژن جزء مواد واکنش دهنده‌ی آن نیست.

واکنش تجزیه:

$$(NH_{۴})_{۲}Cr_{۲}O_{۷(s)} \xrightarrow{\Delta} N_{۲(g)} + ۴H_{۲}O_{(g)} + Cr_{۲}O_{۳(s)}$$

واکنش جابجایی یگانه:

$$Fe_{(s)} + CuSO_{۴(aq)} \longrightarrow FeSO_{۴(aq)} + Cu_{(s)}$$

واکنش جابجایی دوگانه:

$$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_{۲}O_{(l)}$$

۳۵۹- **استوکیومتری (روابط کمّی در واکنش‌ها)**

برای مثال واکنش مقابل را در نظر بگیرید، ضرایب واکنش چه مفهومی دارند؟ $K = ۳۹ , Cl = ۳۵/۵ , O = ۱۶$

$$۲KClO_۳ \longrightarrow ۲KCl + ۳O_۲$$

$$\text{۲ ذره } KClO_۳ \longrightarrow \text{۲ ذره } KCl + \text{۳ مولکول } O_۲$$

هر دو طرف معادله را در عدد آووگادرو ضرب می‌کنیم:

$$۲\times ۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}KClO_۳ \longrightarrow ۲\times ۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}KCl + ۳\times ۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}O_۲$$

ضرایب مفهوم مول را دارند. $۲mol\,KClO_۳ \longrightarrow ۲mol\,KCl + ۳mol\,O_۲$

با توجه به جرم مولی اجزاء $(۲\times ۱۲۲/۵)g\,KClO_۳ \longrightarrow ۲\times ۷۴/۵mol\,KCl + (۳\times ۳۲)g\,O_۲$

$$۲۴۵g \quad = \quad ۲۴۵g$$

برقراری قانون پایستگی جرم

نکته: با توجه به مثال فوق قانون پایستگی جرم در واکنشها وجود دارد.

نکته: قانون پایستگی مول در واکنش‌ها وجود ندارد.

نکته: ضرایب واکنش مفهوم جرم را ندارند یعنی:

$$۲g\,KClO_۳ \not\longrightarrow ۲g\,KCl + ۳g\,O_۲$$

۳۶۰- روابط مولی - مولی در محاسبه استوکیومتری

اگر به فرمول مولکولی $CO_۲$ توجه کنید درمی‌یابید که به ازاء یک اتم کربن ۲ اتم اکسیژن وجود دارد.

$$۱\,mol\,CO_۲ \begin{cases} ۱\,mol(C)\ \text{یا}\ ۶/۰۲۲\times ۱۰^{۲۳}\ \text{اتم کربن} \\ ۲\,mol(O)\ \text{یا}\ ۲\times ۶/۰۲۲\times ۱۰^{۲۳}\ \text{اتم اکسیژن} \end{cases}$$

بنابراین نسبت مولی کربن به اکسیژن $\frac{۱}{۲}$ یا (۲ : ۱) است.

نسبت مولی: نسبت تعداد مول‌های هر دوگونه‌ی شرکت کننده در واکنش می‌باشد.
برای مثال: در تشکیل مولکول آب به نسبت‌های مولی زیر توجه کنید.

$$۲H_{۲(g)} + O_{۲(g)} \longrightarrow ۲H_۲O_{(g)}$$

$$۲mol(H_۲) \quad ۱mol(O_۲) \quad ۲mol(H_۲O)$$

$$\frac{۱\,mol(O_۲)}{۲mol(H_۲)} - \text{نسبت مولی}\ O_۲\ \text{به}\ H_۲ \qquad \frac{۲mol(H_۲)}{۱mol(O_۲)} - \text{نسبت مولی}\ H_۲\ \text{به}\ O_۲$$

$$\frac{۲mol(H_۲O)}{۲mol(H_۲)} - \text{نسبت مولی}\ H_۲O\ \text{به}\ H_۲ \qquad \frac{۲mol(H_۲)}{۲mol(H_۲O)} - \text{نسبت مولی}\ H_۲\ \text{به}\ H_۲O$$

$$\frac{۲mol(H_۲O)}{۱mol(O_۲)} - \text{نسبت مولی}\ H_۲O\ \text{به}\ O_۲ \qquad \frac{۱mol(O_۲)}{۲mol(H_۲O)} = \text{نسبت مولی}\ O_۲\ \text{به}\ H_۲O$$

مثال۸: تعداد مول‌های $H_۲O$ تولیدی که از واکنش ۴ مول $O_۲$ با هیدروژن کافی تشکیل می‌دهد را حساب کنید.

حل: با توجه به معادله تشکیل اب داریم:

$$?mol\ H_۲O = \cancel{۴mol(O_۲)} \times \frac{۲mol(H_۲O)\ \text{تولید}}{\cancel{۱mol(O_۲)}\ \text{مصرف}} = ۸mol(H_۲O)$$

مثال۹: چند گرم $CO_۲$ از سوختن کامل ۳۶g پنتان $C_۵H_{۱۲}$ آزاد می‌شود (جرم مولی $C_۵H_{۱۲}$ $۷۲ g.mol^{-۱}$ می‌باشد).

$$C_۵H_{۱۲(g)} + ۸O_{۲(g)} \longrightarrow ۵CO_{۲(g)} + ۶H_۲O_{(g)} + q$$

حل:

مرحله اول: تبدیل گرم پنتان به مول

$$?mol C_۵H_{۱۲} = ۳۶g\ C_۵H_{۱۲} \times \frac{۱mol C_۵H_{۱۲}}{۷۲g C_۵H_{۱۲}} = ۰/۵mol C_۵H_{۱۲}$$

مرحله دوم: با استفاده از نسبت مولی $C_۵H_{۱۲}$ و $CO_۲$ حساب می‌کنیم ۰/۵ مول پنتان چند مول $CO_۲$ تولید می‌کند.

$$\frac{۵mol(CO_۲)}{۱mol(C_۵H_{۱۲})} = \text{نسبت مولی } CO_۲ \text{ به } C_۵H_{۱۲}$$

$$?mol CO_۲ = ۰/۵mol C_۵H_{۱۲} \times \frac{۵mol(CO_۲)}{۱mol C_۵H_{۱۲}} = ۲/۵mol CO_۲$$

مرحله سوم: تبدیل مول‌های $CO_۲$ به جرم $CO_۲$ تولید شده: $۱mol CO_۲ = ۴۴g.mol^{-۱}$

$$?g CO_۲ = ۲/۵mol CO_۲ \times \frac{۴۴g CO_۲}{۱mol CO_۲} = ۱۱۰ g CO_۲$$

کلیه مراحل بالا را می‌توان در یک خط نوشت.

$$\underbrace{۳۶g C_۵H_{۱۲} \times \frac{۱mol C_۵H_{۱۲}}{۷۲g C_۵H_{۱۲}}}_{\text{تبدیل گرم } C_۵H_{۱۲} \text{ به مول}} \times \underbrace{\frac{۵mol CO_۲}{۱mol C_۵H_{۱۲}}}_{\text{نسبت مولی } CO_۲ \text{ به } C_۵H_{۱۲}} \times \underbrace{\frac{۴۴g CO_۲}{۱mol CO_۲}}_{\text{تبدیل مول } CO_۲ \text{ به گرم } CO_۲} = ۱۱۰ g CO_۲$$

۳۶۲- خلوص مواد

به مقدار گرم ماده خالص موجود در ۱۰۰g نمونه درصد خلوص گفته می‌شود.

$$\text{درصد خلوص}\ \% = \frac{\text{g ماده خالص}}{\text{g ماده ناخالص}} \times ۱۰۰$$

مثال۱۰: یک نمونه ۴/۹g که حاوی $KClO_۳$ می‌باشد در اثر حرارت مقدار ۰/۳۸۴g اکسیژن $(O_۲)$ تولید می‌کند درصد خلوص نمونه را حساب کنید.

$$۲KClO_{۳(aq)} \longrightarrow ۲KCl_{(aq)} + ۳O_{۲(g)}$$

$$KClO_۳ - ۱۲۲/۵ \qquad O_۲ - ۳۲$$

حل: ابتدا فرض می‌کنیم مقدار $KClO_۳$ مجهول است.

$$?\,gKClO_۳ - ۰/۳۸۴\,gO_۲ \times \frac{۱\,mol O_۲}{۳۲\,g O_۲} \times \frac{۲\,mol KClO_۳}{۳\,mol O_۲} \times \frac{۱۲۲/۵\,g KClO_۳}{۱\,mol KClO_۳} - ۰/۹۸g$$

$$\text{درصد خلوص} = \frac{۰/۹۸g}{۴/۹\,g} \times ۱۰۰ = \%۲۰$$

۳۶۳- روابط حجمی گازها

در فشار و دمای یکسان تعداد مول‌ها (مولکول‌ها) برابر از گازهای مختلف حجم یکسانی را اشغال می‌کنند. در شرایط استاندارد (STP) یک مول از هر گازی ۲۲/۴ لیتر حجم اشغال می‌کند.

مثال ۱۱: حجم اکسیژنی که با ۱۵۰L هیدروژن واکنش می‌دهد و تولید بخار آب می‌کند چه حجمی است و چقدر $H_۲O$ تولید می‌شود؟

$$۲H_{۲(g)} + O_{۲(g)} \longrightarrow ۲H_۲O_{(g)}$$

۲mol $(H_۲)$	۱mol $(O_۲)$	۲mol $(H_۲O)$
۲ × V	V	۲ × V
۲ حجم گاز مصرف	۱ حجم گاز مصرف	۲ حجم آب تولید
۱۵۰L	$x_۱$	$x_۲$

V: حجم مولی گازها در یک شرایط مشخص

حل:

$$\frac{۱ \text{ حجم } O_۲}{۲ \text{ حجم } H_۲} = \text{نسبت حجمی } O_۲ \text{ به } H_۲$$

$$?LO_۲ = ۱۵۰LH_۲ \times \frac{۱LO_۲}{۲LH_۲} = ۷۵LO_۲ \text{ مصرفی}$$

محاسبه حجم $H_۲O$ تولیدی

$$?LH_۲O = ۱۵۰LH_۲ \times \frac{۲LH_۲O}{۲LH_۲} = ۱۵۰LH_۲O \text{ تولیدی}$$

مثال ۱۲: برای تهیه‌ی ۱/۷ گرم آمونیاک چند میلی‌لیتر گاز هیدروژن در شرایط استاندارد لازم است؟ $N = ۱۴ , H = ۱$

$$N_{۲(g)} + ۳H_{۲(g)} \longrightarrow ۲NH_{۳(g)}$$

حل: ابتدا مقدار آمونیاک را به مول تبدیل کرده سپس با توجه به ضرایب واکنش تعداد مول هیدروژن مورد نیاز را محاسبه می‌کنیم. با توجه به اینکه شرایط استاندارد است حجم هیدروژن قابل محاسبه می‌باشد.

$$?mlH_۲ = ۱/۷gNH_۳ \times \frac{۱molNH_۳}{۱۷gNH_۳} \times \frac{۳molH_۲}{۲molNH_۳} \times \frac{۲۲۴۰۰mlH_۲}{۱molH_۲} = ۳۳۶۰ml$$

می‌توان از تناسب نیز استفاده کرد، کافی است رابطه‌ی بین اجزاء مورد نظر را تعیین کرد:

$$\begin{array}{ll} ۳H_۲ & \sim ۲NH_۳ \\ xml & ۱/۷g \quad \Rightarrow x = ۳۳۶۰mL \\ ۳ \times ۲۲۴۰۰mL & ۲ \times ۱۷g \end{array}$$

۳۶۴- استوکیومتری در محلول‌ها

غلظت مولی (مولاریته): تعداد مول جزء حل شده در یک لیتر محلول است.

با استفاده از فرمول $M = \frac{n(mol)}{V(L)}$ غلظت مولی محاسبه می‌شود.

مثال۱۳: از حل کردن ۲ گرم NaOH در مقدار کافی آب و رساندن حجم محلول به ۵۰۰ میلی‌لیتر محلولی تهیه می‌شود، غلظت مولی محلول را محاسبه کنید.

حل:

$$۱ mol\,NaOH = ۴۰ g\,NaOH$$

$$?mol\,NaOH = ۲ g\,\cancel{NaOH} \times \frac{۱\,mol\,NaOH}{۴۰\,\cancel{NaOH}} = ۰/۰۵\,mol$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{۰/۰۵}{۰/۵L} = ۰/۱\,mol/L$$

نکته: هنگامی که یک محلول را با افزودن آب به آن رقیق می‌کنیم در مقدار ماده‌ی حل شده‌ی آن تغییری ایجاد نمی‌شود.

مثال۱۴: با ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۲ مولار نمک طعام چند لیتر محلول ۰/۱ مولار می‌توان تهیه کرد؟

حل: تعداد مول نمک طعام در محلول رقیق = تعداد مول نمک طعام در محلول غلیظ

$$M_{\text{محلول رقیق}} \times V_{\text{محلول رقیق}} = M_{\text{محلول غلیظ}} \times V_{\text{محلول غلیظ}}$$

$$۲ \times ۰/۰۱ = ۰/۱ \times V \Rightarrow V = ۰/۲L = ۲۰۰mL$$

۳۶۵- **مثال۱۵**: چه حجمی از HCl با غلظت مولی $۰/۲۵mol.L^{-۱}$ برای خنثی کردن ۱۲۰mL محلول $۰/۸mol.L^{-۱}$ KOH لازم است.

$$HCl + KOH \longrightarrow KCl + H_۲O$$

حل: با توجه به معادله‌ی شیمیایی موازنه شده یک مول HCl یک مول KOH را خنثی می‌کند.

$$KOH \begin{cases} M = ۰/۸mol.L^{-۱} \\ V = ۱۲۰mL \end{cases} \qquad HCl \begin{cases} M = ۰/۲۵mol.L^{-۱} \\ V = ?mL \end{cases}$$

n تعداد مولهای HCl = n تعداد مولهای KOH

$$\underset{\substack{\text{غلظت مول بر لیتر} \\ KOH}}{M} \cdot \underset{\substack{\text{حجم} \\ KOH}}{V} = \underset{\substack{\text{غلظت مولی} \\ HCl}}{M} \cdot \underset{\substack{\text{حجم} \\ HCl}}{V}$$

$$۰/۸mol.L^{-۱} \times ۱۲۰mL = ۰/۲۵mol.L^{-۱} \times VmL = ۳۸۴mL$$

تذکر: گاهی تعداد مول‌های مواد در معادله واکنش مساوی نیست در این صورت خواهیم داشت.

مثال۱۶: چه حجم سود ۰/۱۲۴ مولار لازم است تا ۱۵/۴ سولفوریک اسید ۰/۱۰۸ مولار را خنثی کند؟

حل:

$$\underline{۲}NaOH_{(aq)} + \underline{۱}H_۲SO_{۴(aq)} \longrightarrow Na_۲SO_{۴(aq)} + ۲H_۲O_{(l)}$$

نکته: ۲ مول NaOH می‌تواند ۱ مول $H_۲SO_۴$ را خنثی کند.

$$NaOH \begin{cases} M = ۰/۱۲۴mol.L^{-۱} \\ V = ?mL \end{cases} \qquad H_۲SO_۴ \begin{cases} M = ۰/۱۰۸mol.L^{-۱} \\ V = ۱۵/۴mL \end{cases}$$

نکته: هر میلی مول معادل ۰/۰۰۱ مول است.

۲ × برابر تعداد میلی مولهای $H_۲SO_۴$ = تعداد میلی مولهای NaOH

$$M_{(NaOH)} \times V_{(NaOH)} = M_{(H_۲SO_۴)} \times V_{(H_۲SO_۴)}$$

$$۰/۱۲۴mol.L^{-۱} \times V_{NaOH} = \textcircled{۲} \times ۰/۱۰۸mol.L^{-۱} \times ۱۵/۴mL$$

$$V_{NaOH} = ۲۶/۸۲mL$$

۳۶۶- واکنش دهنده‌ی محدود کننده و اضافی

در اغلب واکنش‌های شیمیایی مقدار واکنش دهنده‌ها با هم برابر نیست (کمتر یا بیشتر از مقدار استوکیومتری) در این صورت مقدار ماده فرآورده (محصولات) تولید شده به واکنش دهنده‌هایی بستگی دارد که مقدار آن **کمتر** است. بنابراین واکنش دهنده **کمتر** را واکنش دهنده‌ی محدود کننده می‌نامیم زیرا تولید محصول را محدود می‌نماید.

مثال۱۷: بر اساس واکنش زیر چند مول $Fe_۳O_۴$ بر اثر واکنش ۱۶/۸ گرم آهن با ۱۰/۸ گرم آب تولید می‌شود، واکنش دهنده‌ی محدود کننده کدام است؟

$Fe = ۵۶ \quad O = ۱۶ \quad H = ۱$

حل:

$$۳Fe_{(s)} + ۴H_۲O_{(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_۳O_{۴(s)} + ۴H_{۲(g)}$$

روش اول:

مرحله‌ی اول- از طریق مقدار ماده‌ی واکنش دهنده‌ی A (جزو معلومات مسأله است) مقدار مورد نیاز ماده‌ی واکنش دهنده‌ی B را به دست آورید (مقدار B نیز معلوم است)

$$\underbrace{?g\,H_۲O}_{B} = \underbrace{۱۶/۸g\,Fe}_{A} \times \frac{۱\,mol\,Fe}{۵۶\,g\,Fe} \times \frac{۴\,mol\,H_۲O}{۳\,mol\,Fe} \times \frac{۱۸g\,H_۲O}{۱\,mol\,H_۲O} = ۷/۲\,g$$

مقدار آب بدست آمده کمتر از مقدار داده شده توسط مسأله است. پس:

آب واکنش دهنده‌ی اضافی است. مقدار آب اضافی $۱۰/۸ - ۷/۲ = ۳/۶g$

آهن نیز واکنش دهنده‌ی محدود کننده است.

پس معیار محاسبه ما باید آهن باشد. (چون ۱۰/۸۰ گرم آب بطور کامل مصرف نمی‌شود)

$$?mol\,Fe_۲O_۳ = ۱۶/۸g\,Fe \times \frac{۱\,mol\,Fe}{۵۶\,g\,Fe} \times \frac{۱mol\,Fe_۳O_۴}{۳\,mol\,Fe} = ۰/۱\,mol$$

روش دوم:

با استفاده از مقادیر مواد واکنش‌دهنده مقدار محصول را به دست می‌آوریم. هر ماده‌ی واکنش دهنده‌ای که محصول کم‌تری تولید کند، محدود کننده‌ی واکنش است.

$$?mol\,Fe_۲O_۳ = ۱۶/۸g\,Fe \times \frac{۱\,mol\,Fe}{۵۶\,g\,Fe} \times \frac{۱mol\,Fe_۳O_۴}{۳\,mol\,Fe} = ۰/۱\,mol$$

$$?mol\,Fe_۲O_۳ = ۱۰/۸g\,H_۲O \times \frac{۱\,mol\,H_۲O}{۱۸g\,H_۲O} \times \frac{۱mol\,Fe_۳O_۴}{۴\,mol\,H_۲O} = ۰/۱۵\,mol$$

$\longrightarrow$ Fe محدود کننده است.

۳۶۷- بازده یا راندمان واکنش‌های شیمیایی

$$\text{بازده درصدی واکنش (بهره درصد)} = \frac{\text{بهره عملی (مقدار واقعی)}}{\text{بهره نظری}} \times ۱۰۰$$

مثال۱۸: بر اساس واکنش زیر از واکنش ۱۵۲g $CS_۲$ با ۱۷۷/۵g $Cl_۲$ مقداری $CCl_۴$ تولید می‌شود. اگر مقدار عملی $CCl_۴$ تولید شده برابر ۹۵g باشد بهره درصد یا بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

$$CS_{۲(g)} + ۳Cl_{۲(g)} \longrightarrow CCl_{۴(g)} + S_۲Cl_{۲(g)}$$

حل: ابتدا بهره نظری را محاسبه می‌کنیم (البته پس از تشخیص واکنش دهنده محدود کننده)

جرمهای مولی $g.mol^{-۱}$
$CS_۲ = ۷۶$
$Cl_۲ = ۷۱$
$CCl_۴ = ۱۵۴$

$$?gCCl_۴ = ۱۵۲gCS_۲ \times \frac{۱molCS_۲}{۷۶gCS_۲} \times \frac{۱molCCl_۴}{۱molCS_۲} \times \frac{۱۵۴gCCl_۴}{۱molCCl_۴} = ۳۰۸g$$

$$?gCCl_۴ = ۱۷۷/۵gCl_۲ \times \frac{۱molCl_۲}{۷۱gCl_۲} \times \frac{۱molCCl_۴}{۳molCl_۲} \times \frac{۱۵۴gCCl_۴}{۱molCCl_۴} = ۱۲۸/۳gCCl_۴$$

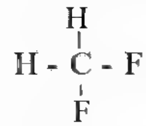
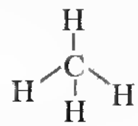
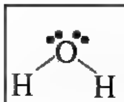
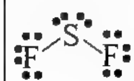
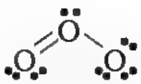
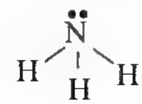
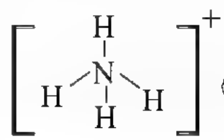
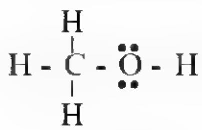
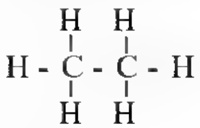
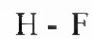
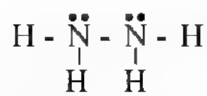
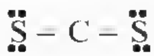
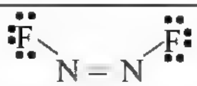
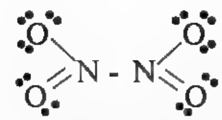
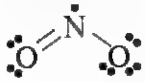
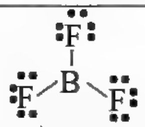
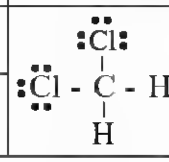
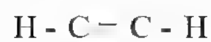
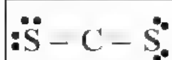
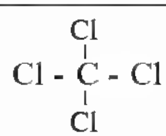
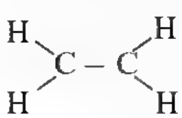
بنابراین $Cl_۲$ محدود کننده است بنابراین بهره نظری ۱۲۸/۳g $CCl_۴$ تولید شده است.

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{۹۵CCl_۴}{۱۲۸/۳gCCl_۴} \times ۱۰۰ = \%۷۴$$

بخش دوم: ترمودینامیک شیمیایی

مقدمه

ساختار لوویس: در این ساختار ترتیب اتصال اتم‌ها - الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی اتم‌ها مشخص می‌شود جفت الکترون پیوندی را به صورت دو نقطه «●●» یا یک خط «-» نمایش می‌دهیم.

دی فلوئورو متان 	مولکول متان 	کربن دی اکسید 	مولکول آب 
هیدروژن سیانید 	گوگرد دی فلوئورید 	دی هیدروژن سولفید 	اوزون 
آمونیاک 	آمونیوم 	متیل الکل یا متانول 	اتان 
هیدروژن فلوئورید 	هیدرازین 	کربن دی سولفید 	 دی نیتروژن دی فلوئورید
 دی نیتروژن ترا اکسید	اکسیژن دی فلوئورید 	نیتروژن دی اکسید 	 بور تری فلوئورید
دی کلرومتان 	استیلن  کربن دی سولفید 	کربن تتراکلرید 	اتیلن 

ساختار لوویس در حل مسائل محاسبه‌ی گرمای واکنش به روش انرژی پیوند به کار می‌رود.

۳۶۹- گرما و دما

گرما شکلی از انرژی است که به حرکت ذره‌های تشکیل دهنده‌ی ماده بستگی دارد.
گرما همان مجموع انرژی جنبشی مولکول‌های یک جسم می‌باشد.
گرما مقدار انرژی است که به دلیل اختلاف دمای میان دو جسم که با هم در تماس هستند مبادله می‌شود.
دما معیاری از میزان گرمی یا سردی جسم است.
تعبیر مولکولی دما - اگر انرژی جنبشی کلیه‌ی ذره‌های یک جسم را بر تعداد ذره‌های جسم تقسیم کنیم. انرژی جنبشی متوسط یک ذره‌ی آن محاسبه می‌شود که با دما متناسب است.

نکته: عامل انتقال انرژی از یک جسم به جسم دیگر اختلاف دما است، گرما از جسم گرم به جسم سرد منتقل می‌شود.

مثال ۱: یک قطره آب $۱۰۰^\circ C$ را با آب اقیانوس در نظر بگیرید. با انداختن قطره آب به داخل اقیانوس کدام یک به دیگری انرژی منتقل می‌کند؟

حل: چون انرژی جنبشی متوسط هر ذره از قطره آب بیش‌تر است بنابراین قطره آب به اقیانوس انرژی می‌دهد.

۳۷۰- ظرفیت گرمایی

مثال ۲: $۰/۹۰۲J$ گرما لازم است تا دمای یک گرم آلومینیوم جامد به اندازه‌ی $۱^\circ C$ افزایش یابد. بر اساس این داده چه مقدار گرما لازم است تا ۴/۷۵ گرم آلومینیوم از $۲۵^\circ C$ به $۲۶^\circ C$ برسد؟

حل: با توجه به رابطه‌ی:

$$C = \frac{q}{m.\Delta T}$$

q: گرمای مبادله شده ، C: ظرفیت گرمایی ویژه ، m: جرم جسم ، ΔT: اختلاف دما
گرمای لازم محاسبه شود.

$$q = mc\Delta T = ۴/۷۵ \times ۰/۹۰۲ \times (۲۶ - ۲۵) \Rightarrow q = ۴/۲۸J$$

مثال ۳: $۰/۴۴۹J$ گرما لازم است تا دمای یک گرم آهن به اندازه‌ی $۱^\circ C$ افزایش یابد، نمونه‌ای از آهن $۱۷۵J$ گرما می‌گیرد و دمای آن از $۲۴^\circ C$ به $۲۹/۷^\circ C$ افزایش می‌یابد، وزن نمونه چند گرم است؟

حل: با توجه به صورت مسأله ظرفیت گرمایی ویژه آهن $۰/۴۴۹J/g.^\circ C$ می‌باشد.

$$\Delta T = ۲۹/۷ - ۲۴ = ۵/۷$$

$$m = \frac{q}{C.\Delta T} = \frac{۱۷۵}{۰/۴۴۹ \times ۵/۷} = ۶۸/۳۸g$$

مثال ۴: اگر برای افزایش دمای $۷۵g$ سرب به مقدار $۱۰^\circ C$ به $۹۶J$ گرما نیاز باشد، ظرفیت گرمایی ویژه و ظرفیت گرمایی مولی سرب را محاسبه کنید.

حل:

$$C = \frac{q}{m.\Delta T} \Rightarrow C = \frac{۹۶}{۷۵ \times ۱۰} = ۰/۱۲۸J.g^{-۱}.^\circ C^{-۱}$$

ظرفیت گرمایی مولی سرب (Pb) را با دانستن جرم مولی سرب می‌توان محاسبه کرد:

$$۱mol\,Pb = ۲۰۷/۲g$$

$$\text{ظرفیت گرمایی مولی} = ۰/۱۲۸\frac{J}{\cancel{g}.^\circ C} \times \frac{۲۰۷/۲\cancel{g}}{۱mol} = ۲۶/۵۲\frac{J}{mol.^\circ C}$$

۳۷۱- سیستم و محیط

سیستم یا مجموعه (system) به مقدار معینی جرم یا حجمی از فضا که توجه ما برای بررسی ترمودینامیکی به آن معطوف شده است، اطلاق می‌گردد.

هر سیستم به وسیله‌ی یک سطح یا مرز که ممکن است حقیقی یا مجازی باشد. مشخص می‌شود.

قسمتی از فضا که خارج از مرز است به آن محیط اطراف گفته می‌شود.

۳۷۲- خواص و حالت یک سیستم

خواص، آن مشخصه‌هایی از سیستم است که به ما اجازه می‌دهد، حالت آن را مشخص کنیم.

هر سیستم در هر زمان دارای حالتی است که با تعیین چند تا از خواص آن مشخص می‌شود. این خواص ماکروسکوپی می‌باشند.

۳۷۳- خواص شدتی و مقداری

خواصی را که مقدار آن‌ها به مقدار ماده وابسته است، خواص مقداری می‌نامیم. مانند حجم، جرم، ظرفیت گرمایی جزو خواص مقداری هستند.

خواصی را که مقدار آن‌ها به مقدار ماده وابسته نیست، خواص شدتی نامگذاری می‌کنیم. مانند دما، چگالی، ظرفیت گرمایی ویژه جزو خواص شدتی هستند.

۳۷۴- فرآیند

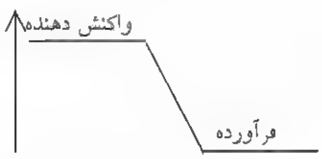
هنگامی که سیستمی در زمان اولیه در حالت A بوده و پس از تغییراتی در آن به حالت B برسد می‌گوییم فرآیندی صورت گرفته است.

۳۷۵- انرژی درونی (جریان انرژی در سیستم)

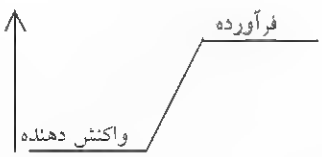
به مجموعه انرژی‌های جنبشی و پتانسیل ذره‌های تشکیل دهنده‌ی سیستم انرژی درونی آن سیستم گویند، و با E نمایش می‌دهند.

به واکنش شیمیایی فرضی $A_۲ + B_۲ \longrightarrow ۲AB$ توجه کنید. در این واکنش انرژی درونی سیستم با واکنش مواد واکنش دهنده تغییر می‌کند. هرگاه انرژی درونی مواد واکنش دهنده $\left(E_{آغازی}\ یا\ E_۱\right)$ و انرژی درونی مواد فرآورده $\left(E_{پایانی}\ یا\ E_۲\right)$ باشد در این صورت تغییرات انرژی درونی سیستم (ΔE) به صورت زیر می‌باشد:

$$\Delta E = E_{پایانی} - E_{آغازی} = E_{فرآورده ها} - E_{واکنش دهنده ها}$$



شکل (۱)



شکل (۲)

نکته: اگر انرژی درونی فرآورده‌ها از مواد واکنش دهنده کم‌تر باشد مطابق فرمول $\Delta E < ۰$ یعنی سیستم به محیط اطراف خود گرما داده است. یعنی واکنش گرماده است. شکل(۱)

اگر $\Delta E > ۰$ یعنی سیستم از محیط اطراف خود گرما گرفته است. یعنی واکنش گرماگیر است. شکل(۲)

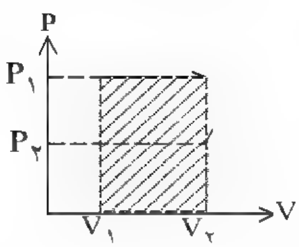
۳۷۶- کار

کار توسط یک سیستم هنگامی صورت می‌گیرد که اثر منحصر به فردش بر محیط بتواند به شکل بلند کردن یک وزنه باشد.

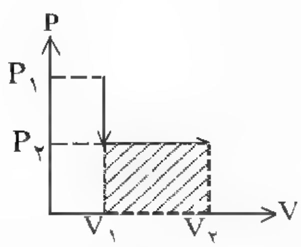
$$W = کار\ سیستم = -F.\Delta x = -PA\Delta x = -P\Delta V$$

Δx: تغییر مکان کوچک

مساحت قسمت هاشور خورده برابر کار انجام شده است. $W_a > W_b$



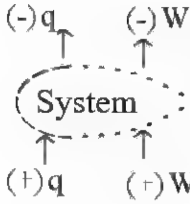
(a)



(b)

نکته: برای محاسبه کار در رابطه‌ی فوق باید بستگی P و V را داشته باشیم. از این رو کار کمیتی است که به مسیر فرآیند وابسته است. (شکل‌های a و b)

۳۷۷- قانون اول ترمودینامیک (اصل پایستگی انرژی)



$W + q = \Delta E$

مجموع کار و گرمای مبادله شده برابر تغییر انرژی درونی سیستم می‌باشد.

مثال۵: یک سیستم ۴۶۶kJ گرما از محیط جذب کرده و محیط پیرامون آن ۵۶kJ کار روی سیستم انجام می‌دهد تغییر در انرژی درونی سیستم چقدر است؟

حل: گرما به سیستم داده شده پس q مثبت است.

کار به سیستم وارد شده پس W مثبت است.

$\Delta E = q + W$

$\Delta E = ۴۶۶ + ۵۶ = ۵۲۲kJ$

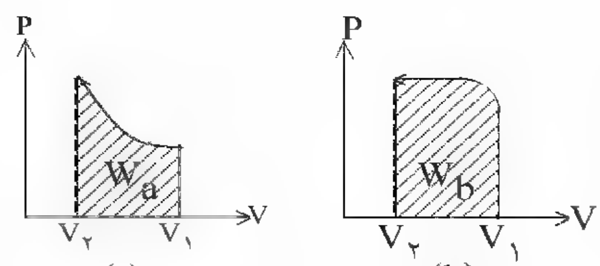
مثال۶: برای یک تغییر معین، مقدار ΔE برابر ۲/۳۷kJ- است. سیستم در خلال این تغییر ۶۵۰J انرژی جذب کرده، این سیستم چقدر کار انجام داده است.

حل:

$q = +۶۵۰J \qquad W + ۶۵۰ = -۲۳۷۰$

$\Delta E = -۲۳۷۰J \qquad W = -۳۰۲۰J$

۳۷۸- تابع حالت و تابع مسیر



(a) (b)

به مشخصه‌هایی همچون تغییرات انرژی درونی ΔE، دما T، فشار P و حجم V که مقدار آن به حالت ابتدایی و انتهایی فرآیند بستگی دارد و به مسیر واکنش بستگی ندارد تابع حالت می‌گویند.

کمیت‌هایی همچون q و W که به مسیر واکنش وابسته‌اند و بسته به این که سیستم از حالت آغازی به حالت پایانی چه مسیری را طی می‌کند متغیر خواهد بود، تابع مسیر می‌گویند.

شکل‌های a و b وابستگی کار را به مسیر نشان می‌دهند.

۳۷۹- شرایط انجام واکنش شیمیایی

واکنش‌های شیمیایی می‌توانند در فشار یا حجم ثابت انجام شوند.

۳۸۰- گرمای واکنش در حجم ثابت

اگر در یک سیستم تغییر حجمی ایجاد نشود مانند واکنش:

$$\underbrace{H_{۲(g)} + Cl_{۲(g)}}_{\text{۲ حجم}} \longrightarrow \underbrace{۲HCl_{(g)}}_{\text{۲ حجم}}$$

در این صورت خواهیم داشت:

$$\Delta E = q + W \longrightarrow \Delta E = q + P\Delta V \xrightarrow{\Delta V = ۰} \Delta E_V = q_V$$

توضیح: نوع کار را انبساطی در نظر می‌گیریم.

q_V: گرمای واکنش در حجم ثابت.

نتیجه: هرگاه واکنشی در حجم ثابت انجام شود گرمای تولید شده یا مصرف شده با تغییرات انرژی درونی برابر است.

۳۸۱- گرمای واکنش در فشار ثابت (آنتالپی)

چون محاسبه گرمای واکنش در حجم ثابت مشکل است بنابراین اغلب واکنش‌های شیمیایی را در فشار ثابت مورد بررسی قرار می‌دهند.

$$\Delta E = q_P + W \xrightarrow{W = -P\Delta V} \Delta E = q_P - P\Delta V \longrightarrow E_{۲} - E_{۱} = q_P - P\left(V_{۲} - V_{۱}\right)$$

q_P: گرمای واکنش در فشار ثابت

$$q_P = \left(E_{۲} + PV_{۲}\right) - \left(E_{۱} + PV_{۱}\right)$$

کمیت $E + PV$ را که یک خاصیت جدید ترمودینامیکی است، آنتالپی (Enthalpy) می‌نامیم.

$$H = E + PV$$

$$q_P = H_{۲} - H_{۱} = \Delta H$$

نکته: آنتالپی نیز مانند انرژی درونی تابع حالت است.

مثال۷: به واکنش‌های شیمیایی زیر توجه کنید سپس بگویید کدام گرماده و کدام گرماگیر است؟ با رسم نمودار علامت ΔH را نیز مشخص کنید.

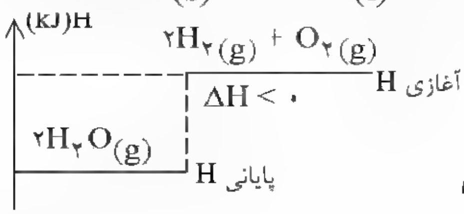
الف) $۲H_{۲(g)} + O_{۲(g)} \longrightarrow ۲H_{۲}O_{(l)} + Q$

ب) $Q + ۲HgO_{(s)} \longrightarrow ۲Hg_{(l)} + O_{۲(g)}$

حل:

الف- واکنش گرماده است بنابراین $\Delta H < ۰$ است.

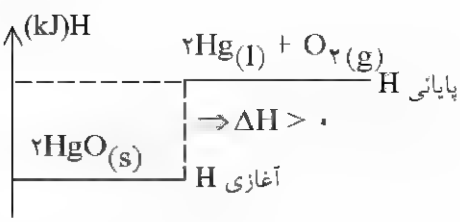
$\Delta H = H_{۲} - H_{۱} = H_{\text{فرآورده ها}} - H_{\text{مواد واکنش دهنده}}$



نکته: در یک واکنش گرماده آنتالپی فرآورده‌ها کم‌تر از مواد واکنش دهنده می‌باشد.

ب- واکنش گرماگیر است بنابراین $\Delta H > ۰$ است.

نکته: در یک واکنش گرماگیر آنتالپی فرآورده‌ها بیش‌تر از مواد واکنش دهنده می‌باشد.



۳۸۲- **مثال۸:** مقدار تغییر آنتالپی و تغییر انرژی درونی را در دو حالت:

الف- کار روی سیستم انجام شود.

ب- سیستم روی محیط کار انجام دهد.

با هم مقایسه کنید.

حل: الف- اگر در واکنش حجم کاهش یابد ($\Delta V < ۰$) از این رو کار روی سیستم انجام می‌شود. و مطابق رابطه‌ی روبرو علامت کار مثبت است.

$$W = -P\Delta V \xrightarrow{\Delta V < ۰} W > ۰$$

با توجه به رابطه‌ی:

$$\Delta E + \overbrace{P\Delta V}^{> ۰} = \Delta H$$

$$\Delta E < \Delta H$$

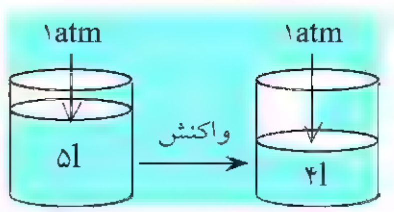
ب- اگر در واکنش حجم افزایش یابد ($\Delta V > ۰$) از این رو توسط سیستم روی محیط کار انجام می‌شود. و مطابق رابطه‌ی روبرو علامت کار منفی است.

$$W = -P\Delta V \xrightarrow{\Delta V > ۰} W < ۰$$

با توجه به رابطه‌ی:

$$\Delta E + \overbrace{P\Delta V}^{< ۰} = \Delta H$$

$$\Delta E > \Delta H$$



مثال۹: برای واکنش روبرو $\Delta E = -۱۸۶ kJ/mol$ است.

الف- درباره‌ی علامت $P\Delta V$ توضیح دهید. علامت کار را نیز تعیین کنید.

ب- مقدار ΔH این واکنش را به دست بیاورید و علامت آن را هم تعیین کنید.

حل:

الف- مطابق شکل واکنش با کاهش حجم همراه است. $\Delta V = V_۲ - V_۱ = ۴ - ۵ < ۰$ پس علامت $P\Delta V$ منفی است و از طرفی علامت کار مثبت است:

$$W = -P\Delta V \longrightarrow W > ۰$$

ب- با داشتن W و ΔE می‌توان ΔH واکنش را محاسبه کرد.

$$\Delta H = \Delta E + P\Delta V$$

نکته: همانطور که قبلاً به آن اشاره شد کار انبساطی از حاصل‌ضرب $P \times V$ بدست می‌آید. از طرفی کار دارای یکای انرژی است. اگر یکای فشار $N/m^۲$ (پاسکال) و یکای حجم $(m^۳)$ باشد. یکای PV عبارتست از:

$$PV = \left(\frac{N}{m^{۲}}\right) \times m^{۳} = N.m = J$$

رابطه‌ی بین اتمسفر و پاسکال عبارتست از:

$$۱atm = ۱۰۱۳۲۵Pa \approx ۱۰۱KPa \quad \text{یا} \quad ۱l.atm = ۱۰۱kJ$$

$$\Delta H = -۱۸۶ + ۱۰۱ \times (۴ - ۵) = -۲۸۷$$

۳۸۳- حالت استاندارد

مثال۱۰: در صورتی که گرمای حاصل از سوختن یک مول پروپان ۲۲۱۹kJ باشد، چه مقدار گرما از سوختن ۰/۲۵ مول پروپان حاصل می‌شود؟

حل: $C_۳H_{۸(g)} + ۵O_{۲(g)} \longrightarrow ۳CO_{۲(g)} + ۴H_۲O_{(g)} \quad \Delta H = -۲۲۱۹kJ$

$$?KJ = ۰/۲۵mol C_۳H_۸ \times \frac{۲۲۱۹KJ}{۱mol C_۳H_۸} = ۵۵۴/۷۵KJ$$

نکته: اگر طرفین معادله‌ی شیمیایی یا فیزیکی را در عددی ضرب کنیم، ΔH واکنش نیز در همان عدد ضرب می‌شود.

مثال۱۱: چرا بین ΔH دو واکنش زیر اختلاف وجود دارد؟

الف) $C_۳H_{۸(g)} + ۵O_{۲(g)} \longrightarrow ۳CO_{۲(g)} + ۴H_۲O_{(l)} \quad \Delta H = -۲۰۴۳kJ$

ب) $C_۳H_{۸(g)} + ۵O_{۲(g)} \longrightarrow ۳CO_{۲(g)} + ۴H_۲O_{(g)} \quad \Delta H = -۲۲۱۹kJ$

حل: چون حالت آب در دو واکنش متفاوت است.

در نظر بگیرید برای تبدیل بخار به آب مایع باید از سیستم (ظرف واکنش) گرما گرفت.

نکته: واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها باید در دمای یکسانی باشند و حالت فیزیکی آن‌ها نیز مشخص باشد. همچنین دما و فشار باید مشخص باشد. (ΔH با تغییر فشار و دما تغییر می‌کند)

سوال: حالت استاندارد ترمودینامیکی چیست؟

جواب: پایدارترین شکل ماده‌ی خالص در فشار یک اتمسفر و دمایی مشخص (معمولاً $۲۵° C$) تعریف می‌شود.

تذکر: برای مواد در حالت محلول استاندارد ترمودینامیکی غلظت ۱ مولار است.
تذکر: بسیاری از عنصرها دارای چندین دِگر شکل (آلوتروپ) هستند اما همواره یکی از این دِگر شکل‌ها به عنوان حالت استاندارد آن عنصر در نظر گرفته می‌شود.
تذکر: منظور از پایدارترین شکل ماده، حالتی است که در دمای معمولی دارد.

۳۸۴- برخی از تغییر انتالپی‌های مهم

انتالپی تشکیل $(\Delta H^\circ_{تشکیل})(\Delta H^\circ_f)$

ابتدا واکنش تشکیل را تعریف می‌کنیم که عبارتست از تشکیل یک مول ماده از عنصرهای سازنده‌اش در حالت استاندارد (پایه)

مثال۱۲: واکنش‌های تشکیل CH_4 و HNO_3 را بنویسید.

حل:

$$C_{(s)} + 2H_{2(g)} \longrightarrow 1CH_{4(g)}$$

$$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 1HNO_{3(l)}$$

به تغییر انتالپی واکنش‌های تشکیل، گرمای استاندارد تشکیل (ΔH°_f) می‌گویند و یکای آن $kJ.mol^{-1}$ است.

مثال۱۳: تشکیل یک مول آب مایع با آزاد شدن مقدار ۲۸۶kJ گرما همراه می‌باشد. معادله واکنش و ΔH آن را بنویسید.

حل:

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 1H_2O_{(l)} \quad \Delta H^\circ_f(H_2O_{(l)}) = -286 kJ/mol$$

مثال۱۴: گرمای استاندارد تشکیل کدام یک از مواد زیر صفر است؟

$O_{2(g)}$ ، $H_{2(g)}$ ، $Na_{(g)}$ ، $Br_{(l)}$ ، $P_{4(s)}$ ، $CH_{4(g)}$

حل:

نکته: گرمای استاندارد تشکیل عنصرها در حالت استاندارد (پایه) صفر است.

گرمای استاندارد تشکیل $O_{2(g)}$ ، $H_{2(g)}$ و $P_{4(s)}$ صفر است.

چون:

$$P_{4(s)} \longrightarrow P_{4(s)} \quad \Delta H^\circ_f = 0$$

اما گرمای استاندارد تشکیل $Na_{(g)}$ مخالف صفر است چون در حالت استاندارد سدیم به صورت جامد است و در مورد برم نیز عنصر آن دو اتمی است (Br_2). متان نیز ماده‌ی مرکب بوده پس گرمای استاندارد تشکیل آن مخالف صفر است.

۳۸۵- محاسبه ΔH واکنش‌ها با استفاده از گرمای استاندارد تشکیل

مثال۱۵: با استفاده از گرمای استاندارد تشکیل هر یک از اجزای واکنش زیر، ΔH° واکنش را محاسبه کنید.

کربن دی اکسید ⟵ اکسیژن + کربن مونواکسید

حل: ابتدا معادله نمادی را نوشته و آن را موازنه می‌کنیم:

$$۲CO_{(g)} + O_{۲(g)} \longrightarrow ۲CO_{۲(g)}$$

نکته: حالت اجزا باید مشخص باشند.

سپس با استفاده از رابطه‌ی زیر گرمای واکنش را محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_f \text{ فرآورده} - \sum \Delta H^\circ_f \text{ واکنش دهنده}$$

با استفاده از گرمای استاندارد تشکیل، هر یک از جملات رابطه‌ی بالا را محاسبه می‌کنیم:

$$\sum \Delta H^\circ_f \text{ فرآورده} = \underset{\text{۲ مول } CO_۲}{۲} \times \Delta H^\circ_f(CO_{۲(g)}) = ۲ \times (-۱۱۰/۵) = -۲۲۱kJ$$

$$\sum \Delta H^\circ_f \text{ واکنش دهنده} = ۲ \times \Delta H^\circ_f(CO_{(g)}) + \Delta H^\circ_f(O_{۲(g)}) = ۲ \times (-۳۹۵/۵) = -۷۸۷kJ$$

اعداد به دست آمده را در رابطه قرار می‌دهیم:

$$\Delta H^\circ = -۷۸۷ - (-۲۲۱) = -۵۶۶kJ$$

مثال۱۶: هرگاه گرمای استاندارد تشکیل $MgO_{(s)}$ در شرایط آزمایشگاهی برابر $-۶۰۱/۸kJ/mol$ باشد تغییرات انتالپی تجزیه منیزیم اکسید را حساب کنید.

حل: با استفاده از اطلاعات مسأله خواهیم داشت:

$$Mg_{(s)} + \frac{۱}{۲}O_{۲(g)} \longrightarrow MgO_{(s)} \quad \Delta H^\circ_f(MgO_{(s)}) = -۶۰۱/۸kJ/mol$$

برای نوشتن واکنش تجزیه‌ی MgO کافی است واکنش بالا را عکس کنیم.

$$MgO_{(s)} \longrightarrow Mg_{(s)} + \frac{۱}{۲}O_{۲(g)}$$

نکته: در صورتی که واکنشی را عکس کنیم علامت ΔH آن عوض می‌شود.

بنابراین گرمای واکنش تجزیه‌ی منیزیم اکسید برابر است با:

$$\Delta H^\circ = +۶۰۱/۸kJ/mol$$

مثال۱۷: با استفاده از داده‌های زیر گرمای استاندارد تشکیل $CaO_{(s)}$ را بدست آورید:

$$CaCO_{۳(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{۲(g)} \quad \Delta H = +۱۷۵/۸kJ$$

$$\Delta H^\circ_f[CaCO_{۳(s)}] = -۱۲۰۶/۹kJ/mol$$

$$\Delta H^\circ_f[CO_{۲(g)}] = -۳۹۵/۵kJ/mol$$

حل: از رابطه‌ی «محاسبه ΔH واکنش از طریق گرمای استاندارد تشکیل» می‌توان گرمای تشکیل CaO را محاسبه کرد:

$$\Delta H = \sum \Delta H^\circ_f \text{ فرآورده} - \sum \Delta H^\circ_f \text{ واکنش دهنده}$$

$$+۱۷۵/۸ = \left[\Delta H^\circ_f[CaO_{(s)}] + (-۳۹۵/۵)\right] - (-۱۲۰۶/۹) \Rightarrow \Delta H^\circ_f[CaO_{(s)}] = -۶۳۵/۶kJ.mol^{-۱}$$

۳۸۶- انتالپی سوختن $\left(\Delta H_c^\circ\right)$

گرمای حاصل از سوختن یک مول ماده در مقدار کافی اکسیژن خالص را انتالپی سوختن گویند. و علامت آن همیشه منفی است چون واکنش سوختن همیشه گرماده است.

نکته: یکی از تفاوت‌های انتالپی تشکیل با انتالپی سوختن این است که یک مول از ماده سوختنی که جزء مواد واکنش دهنده است ملاک قرار می‌گیرد حال آنکه در انتالپی تشکیل یک مول ماده‌ی محصول ملاک است.

مثال۱۸: گرمای آزاد شده از سوختن یک مول کربن در شرایط آزمایشگاه برابر ۳۹۳/۵kJ می‌باشد:

$$C_{(s)} + O_{۲(g)} \longrightarrow CO_{۲(g)} \quad \Delta H_c^\circ = -۳۹۳/۵kJ$$

الف- از سوختن یک گرم کربن در شرایط بالا چند کالری گرما آزاد می‌شود؟

ب- در صورت تشکیل ۱/۸ گرم کربن دی اکسید چند کالری گرما آزاد می‌شود؟

حل: مطابق واکنش از سوختن یک مول کربن ۳۹۳/۵kJ گرما آزاد می‌شود. $۱molC = ۱۲g$

الف) $?Cal = ۱gC \times \frac{۱molC}{۱۲gC} \times \frac{۳۹۳/۵kJ}{۱molC} \times \frac{۱۰۰۰J}{۱kJ} \times \frac{۱Cal}{۴/۱۸J} = ۷۸۴۵Cal$

ب) $?Cal = ۱/۸gCO_۲ \times \frac{۱molCO_۲}{۴۴gCO_۲} \times \frac{۳۹۳/۵kJ}{۱molCO_۲} \times \frac{۱۰۰۰J}{۱kJ} \times \frac{۱Cal}{۴/۱۸J} = ۳۸۵۱Cal$

۳۸۷- **مثال۱۹**: هیدرازین $N_۲H_۴$ به عنوان سوخت موشک به کار می‌رود، در واکنش زیر برای تولید $۴/۲ \times ۱۰^۶kJ$ گرما چند کیلوگرم $N_۲H_۴$ لازم است؟ $N = ۱۴ \text{ ، } H = ۱$

$$N_۲H_{۴(g)} + O_{۲(g)} \longrightarrow N_{۲(g)} + ۲H_۲O_{(l)} \quad \Delta H = -۶۲۷/۶kJ$$

حل: $N_۲H_۴ = ۱۴ \times ۲ + ۴ \times ۱ = ۳۲$

$$?kgN_۲H_۴ = ۴/۲ \times ۱۰^۶ kJ \times \frac{۱molN_۲H_۴}{۶۲۷/۶kJ} \times \frac{۳۲gN_۲H_۴}{۱molN_۲H_۴} \times \frac{۱kgN_۲H_۴}{۱۰۰۰gN_۲H_۴} = ۲۱۴/۱kg$$

۳۸۸- **مثال ۲۰:** با توجه به گرمای استاندارد تشکیل اجزاء، انتالپی سوختن $\left(\Delta H_c^\circ\right)$ واکنش زیر را محاسبه کنید.

ماده	$C_2H_6(g)$	$CO_2(g)$	$H_2O(g)$
$\Delta H_f^\circ kJ.mol^{-1}$	-۸۴/۷	-۳۹۵/۵	-۲۴۲

$$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

حل:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{ فرآورده } - \sum \Delta H_f^\circ \text{ واکنش دهنده }$$

$$\Delta H^\circ = \left[4\Delta H_f^\circ[CO_{2(g)}] + 6\Delta H_f^\circ[H_2O_{(g)}]\right] - \left[2\Delta H_f^\circ[C_2H_{6(g)}]\right]$$

$$\Delta H^\circ = [4\times(-395/5) + 6(-242)] - [2(-84/7)]$$

$$\Delta H^\circ = -2864/6 kJ$$

نکته: برای محاسبه ΔH_c° باید گرمای حاصل از سوختن یک مول اتان را بدست آورد:

$$\Delta H_c^\circ = \frac{1}{2}\times \Delta H^\circ = \frac{1}{2}\times(-2864/6) = -1432/3 kJ/mol$$

۳۸۹- **مثال ۲۱:** با توجه به انتالپی سوختن اتان (C_2H_6) و اتین (C_2H_2) که به ترتیب ۱۳۲۸/۶- و ۱۲۵۵/۵- کیلوژول بر مول است، انتظار دارید که شعله‌ی کدام یک داغ‌تر باشد؟ چرا؟

حل: ابتدا واکنش سوختن انها را می‌نویسیم:

$$C_2H_{6(g)} + \frac{7}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -1328/6 kJ$$

$$C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -1255/5 kJ$$

نکته: دمای شعله‌ی حاصل از سوختن یک ماده را باید با توجه به گرمای آزاد شده به ازای هر مول گاز حاصل از احتراق تعیین کرد. هر چه سهم گرمای هر مول گاز حاصل از احتراق بیش‌تر باشد، گاز حاصل داغ‌تر است.

اتان در اثر سوختن ۵ مول گاز تولید می‌کند. $\frac{1328/6}{5} = 265/7 kJ/mol$ گاز احتراق

اتین در اثر سوختن ۳ مول گاز تولید می‌کند. $\frac{1255/5}{3} = 418/5 kJ/mol$ گاز احتراق

نتیجه: دمای شعله‌ی اتین بیش‌تر از اتان است.

۳۹۰- انتالپی تبخیر $\left(\Delta H^{\circ}_{v}\right)$

هنگامی که یک مول از ماده تبخیر می‌شود تغییر انتالپی مربوط به آن را انتالپی تبخیر گویند.

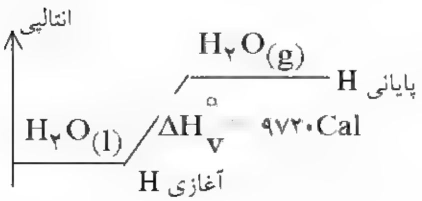
مثال۲۲: اگر گرمای لازم برای تبخیر یک گرم آب $۱۰۰^{\circ}C$ برابر $۵۴۰Cal$ باشد. گرمای لازم جهت تبخیر یک مول آب را بدست آورید.

حل:

$$H_۲O_{(l)} \longrightarrow H_۲O_{(g)}$$

$$\Delta H^{\circ}_{v} = ۱molH_۲O \times \frac{۱۸gH_۲O}{۱molH_۲O} \times \frac{۵۴۰Cal}{۱gH_۲O} = ۹۷۲۰Cal$$

هنگامی که یک مول آب می‌جوشد تا به بخار تبدیل شود مقدار $۹/۷۲KCal$ از محیط گرما دریافت می‌کند و محتوای انرژی آن بالاتر از آب اولیه قرار می‌گیرد.



۳۹۱- انتالپی ذوب $\left(\Delta H^{\circ}_{m}\right)$

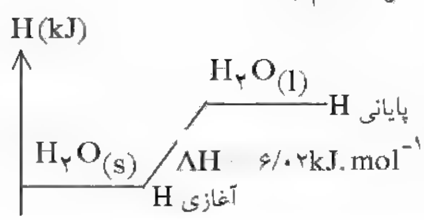
به تغییرات آنتالپی فرآیندی که در آن یک مول از ماده‌ای ذوب می‌شود، آنتالپی ذوب گویند.

۳۹۲- **مثال۲۳**: آنتالپی ذوب یخ را محاسبه کنید. اگر برای ذوب یک گرم یخ $۰/۳۳۵J$ گرما لازم باشد؟

حل:

$$H_۲O_{(s)} \longrightarrow H_۲O_{(l)}$$

$$\Delta H^{\circ}_{m} = ۱molH_۲O \times \frac{۱۸gH_۲O}{۱molH_۲O} \times \frac{۰/۳۳۵kJ}{۱gH_۲O} = ۶/۰۲kJ$$



۳۹۳- آنتالپی تصعید یا فرازش $\left(\Delta H^{\circ}_{s}\right)$

وقتی یک مول از ماده‌ای به طور مستقیم از حالت جامد به گاز تبدیل شود به تغییرات آنتالپی این فرآیند، آنتالپی تصعید گویند.

۳۹۴- آنتالپی پیوند

به مقدار انرژی لازم جهت شکستن یک مول پیوند و تبدیل آن به اتم‌های اولیه را آنتالپی پیوند یا انرژی پیوند (انرژی شکستن پیوند) گویند.

$$H - H \longrightarrow H + H \qquad \Delta H_{H-H} = ۴۳۵ kJ.mol^{-۱}$$

نکته: هر چه پیوند قوی‌تری باشد آنتالپی پیوند آن نیز بزرگتر است.

نکته: به انرژی آزاد شده از تشکیل یک مول پیوند از اتم‌های اولیه انرژی تشکیل پیوند گویند. ($\Delta H < ۰$)

۳۹۵- محاسبه گرمای واکنش با استفاده از آنتالپی پیوند

مثال۲۴: با استفاده از مقادیر عددی آنتالپی پیوند، گرمای واکنش زیر را محاسبه کنید.

پیوند	انتالپی پیوند $(kJ.mol^{-۱})$
H - H	۴۳۵
O = O	۴۹۸
O - H	۴۶۷

$$۲H_{۲(g)} + O_{۲(g)} \longrightarrow ۲H_۲O_{(g)}$$

حل:

مرحله‌ی اول: ابتدا ساختار لوویس اجزای واکنش را رسم می‌کنیم. (برای تعیین تعداد پیوندها و چندگانگی آن‌ها)

$$۲H - H + O = O \longrightarrow ۲H - O - H$$

مرحله‌ی دوم: محاسبه‌ی مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش دهنده‌ها.

برای انجام واکنش باید پیوند مواد اولیه شکسته شود و برای این منظور مواد اولیه به گرما نیاز دارند. پس علامت آن مثبت است.

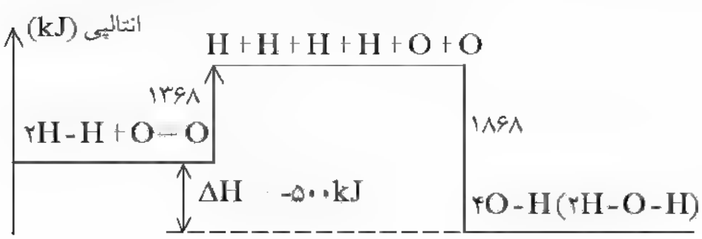
$$\Delta H_{\text{شکستن پیوند}} = ۲\Delta H_{H-H} + \Delta H_{O=O} = ۲ \times ۴۳۵ + ۴۹۸$$

$$\Delta H_{\text{شکستن پیوند}} = +۱۳۶۸kJ$$

مرحله‌ی سوم: محاسبه‌ی مجموع آنتالپی‌های پیوند فرآورده‌ها.

برای تشکیل فرآورده‌ها باید پیوندهای جدیدی تشکیل شوند که از تشکیل آن‌ها گرما آزاد می‌شود. پس علامت آن منفی است.

$$\Delta H_{\text{تشکیل پیوند}} = ۴\Delta H_{O-H} = ۴ \times ۴۶۷ = ۱۸۶۸kJ$$



مرحله‌ی چهارم: با جمع جبری ΔH های مرحله‌ی دوم و سوم ΔH واکنش محاسبه می‌شود:

$$\Delta H = \Delta H_{\text{شکستن پیوند}} - \Delta H_{\text{تشکیل پیوند}}$$

$$\Delta H = +۱۳۶۸ - ۱۸۶۸ = -۵۰۰kJ$$

۳۹۶- نکته: در محاسبه‌ی گرمای واکنش به روش آنتالپی پیوند حالت فیزیکی کلیه‌ی مواد بایستی گازی باشند، در غیر این صورت ΔH به دست آمده دقت لازم را نخواهد داشت. چون انرژی لازم برای تبدیل مواد از جامد و مایع به گاز در این روش لحاظ نشده است.

مثال۲۵: با توجه به معادله‌ی واکنش زیر و مقادیر آنتالپی پیوند، ΔH واکنش را محاسبه کنید و نمودار آنتالپی واکنش را رسم کنید.

$$C_۲H_{۴(g)} + H_{۲(g)} \longrightarrow C_۲H_{۶(g)}$$

پیوند	H - H	C = C	C - C	C - H
$kJ.mol^{-۱}$ نرژی پیوند	۴۳۵	۶۱۴	۳۴۷	۴۱۵

حل: ساختار لوویس اجزاء عبارتند از:

$$H-\underset{}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}=\overset{H}{\overset{|}{C}}-H + H-H \longrightarrow H-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}-H$$

$$\Delta H_{\text{شکستن پیوند}} = ۴\Delta H_{C-H} + \Delta H_{C=C} + \Delta H_{H-H}$$

$$\Delta H_{\text{شکستن پیوند}} = ۴ \times ۴۱۵ + ۶۱۴ + ۴۳۵ = +۲۷۰۹kJ$$

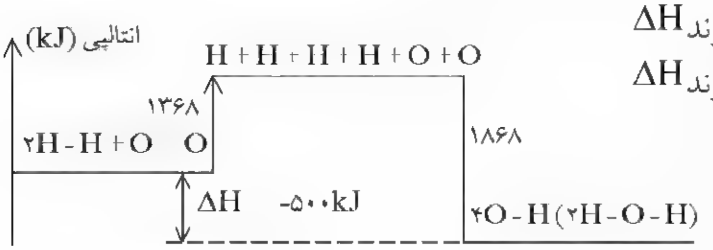
$$\Delta H_{\text{تشکیل پیوند}} = (۶\Delta H_{C-H} + \Delta H_{C-C})$$

$$= (۶ \times ۴۱۵ + ۳۴۷)$$

$$\Delta H_{\text{تشکیل پیوند}} = ۲۸۳۷kJ$$

$$\Delta H = \Delta H_{\text{شکستن پیوند}} - \Delta H_{\text{تشکیل پیوند}}$$

$$= ۲۷۰۹ - ۲۸۳۷ = -۱۲۸kJ$$



مثال۲۶: اتیل آمین بر اثر گرما تجزیه شده و به اتیلن و آمونیاک تجزیه می‌شود. با توجه به جدول داده شده انرژی پیوند $C - N$ را محاسبه کنید.

$$۵۴/۷kJ + H-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}-\overset{H}{\overset{|}{N}}-H \longrightarrow H-\overset{H}{\overset{|}{C}}=\overset{H}{\overset{|}{C}}-H + H-\overset{H}{\overset{|}{N}}-H$$

پیوند	C - H	N - H	C - C	C C
$kJ.mol^{-۱}$ نرژی پیوند	۴۱۵	۳۹۱	۳۴۷	۶۱۴

حل:

$$\Delta H_{\text{شکستن پیوند}} = ۵\Delta H_{C-H} + \Delta H_{C-C} + \Delta H_{C-N} + \Delta H_{N-H}$$

$$= ۵ \times ۴۱۵ + ۲۳۷ + \Delta H_{C-N} + ۳۹۱ = ۲۸۱۴ + \Delta H_{C-N}$$

$$\Delta H_{\text{تشکیل پیوند}} = ۴\Delta H_{C-H} + \Delta H_{C=C} + ۳\Delta H_{N-H} = ۳۴۴۷$$

$$\Delta H = \Delta H_{\text{شکستن پیوند}} - \Delta H_{\text{تشکیل پیوند}}$$

$$۵۴/۷ = ۳۲۰۴ + \Delta H_{C-N} - ۳۴۴۷$$

$$\Delta H_{C-N} = ۲۹۷/۷kJ.mol^{-۱}$$

۳۹۷- محاسبه گرمای واکنش به روش مستقیم

در این روش از دستگاهی به نام گرماسنج استفاده می‌کنیم.

۳۹۸- گرماسنج لیوانی

از این گرماسنج برای اندازه‌گیری گرمای واکنش در فشار ثابت استفاده می‌شود. از این دستگاه می‌توان در مطالعه‌ی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی که در محلول آبی صورت می‌گیرند، استفاده کرد.

مثال۲۷: بر اثر انجام واکنش شیمیایی در یک گرماسنج دمای ۱/۲۶ کیلوگرم آب از $۲۰^\circ C$ به $۲۵/۸^\circ C$ می‌رسد با دانستن این که برای افزایش دمای یک گرم آب به اندازه‌ی $۱^\circ C$ به ۴/۲J انرژی گرمایی نیاز است. ΔH واکنش را حساب کنید.

حل: مقدار گرمایی که باعث افزایش دمای آب شده را با گرمای حاصل از واکنش برابر می‌گیریم. (فرض می‌کنیم ظرف کاملاً عایق است)

$\Delta H = mC\Delta T = ۱/۲۶ \times ۱۰۰۰ \times ۴/۲ \times (۲۵/۸ - ۲۰)$

$\Delta H = ۳۰۶۹۴J = ۳۰/۷kJ$

مثال۲۸: از سوختن ۴/۴ گرم پروپان در یک گرماسنج لیوانی ۲۰۴/۵kJ گرما آزاد می‌شود. در صورتی که دمای آب داخل گرماسنج از $۲۰^\circ C$ به $۲۷^\circ C$ برسد. ظرفیت گرمایی گرماسنج را محاسبه کنید.

حل: منظور از ظرفیت گرمایی (mC) است. بنابراین خواهیم داشت:

$\Delta H = mC\Delta T$

$۲۰۴/۵ = (mC)(۲۷ - ۲۰) \qquad mC = ۲۹/۲kJ/^\circ C$

۳۹۹- گرماسنج بمبی

از این دستگاه برای اندازه‌گیری گرمای واکنش در حجم ثابت استفاده می‌شود.
از این نوع گرماسنج برای اندازه‌گیری گرمای سوختن یک ماده و واکنش‌های گازی استفاده می‌شود.

مثال۲۸: یک نمونه یک گرمی هیدرازین، $N_۲H_۴$، را که به عنوان سوخت موشک مصرف می‌شود در یک گرماسنج بمبی حاوی $۱۲۰۰g$ آب می‌سوزانیم. دما از $۲۴/۶۲^{\circ}C$ به $۲۸/۱۶^{\circ}C$ افزایش می‌یابد. اگر ظرفیت گرمایی بمب $۸۴۰j/^{\circ}C$ فرض شود:

الف- گرمای لازم برای احتراق یک گرم از نمونه‌ی مزبور را محاسبه کنید.

ب- گرمای لازم برای احتراق یک مول هیدرازین در یک گرماسنج بمبی را محاسبه کنید.

حل:

نکته: در گرماسنج بمبی از رابطه‌ی زیر برای محاسبه‌ی گرمای واکنش استفاده می‌شود.

$$Q = -(Q_{آب} + Q_{بمب})$$

الف-

$$Q_{آب} = mC\Delta T = ۱۲۰۰ \times ۴/۱۸ \times (۲۸/۱۶ - ۲۴/۶۲) \Rightarrow Q_{آب} = ۱۷/۷kJ$$

$$Q_{بمب} = mC\Delta T = ۱ \times ۸۴۰ \times (۲۸/۱۶ - ۲۴/۶۲) = ۲/۹۷$$

$$Q = -(۱۷/۷۶ + ۲/۹۷) = -۲۰/۷۳kJ$$

ب-

$$۱mol N_۲H_۴ = ۳۲g$$

$$Q = ۳۲ \times (۲۰/۷۳) = ۶۶۳/۳۶$$

۴۰۰- محاسبه گرمای واکنش به روش غیر مستقیم

قانون هِس: اگر یک واکنش جمع دو یا چند واکنش دیگر باشد، ΔH واکنش کلی مجموع مقادیر ΔH همه‌ی واکنش‌های تشکیل دهنده‌ی آن است. چون انتالپی یک تابع حالت است و به مسیر واکنش بستگی ندارد و فقط تابع حالت ابتدایی و انتهایی فرآیند است.

مثال۲۹: با توجه به فرآیندهای روبرو:

$A \longrightarrow B \quad \Delta H_۱ = ۸۴kJ$

$B \longrightarrow C \quad \Delta H_۲ = ۱۲/۶kJ$

ΔH فرآیندهای زیر را حساب کنید.

الف- $A \longrightarrow C$ ب- $B \longrightarrow A$ پ- $C \longrightarrow B$ ت- $C \longrightarrow A$

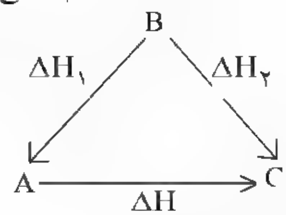
حل:

الف- برای محاسبه ΔH واکنش $A \longrightarrow C$ باید دو واکنش بالا را با هم جمع کنیم:

$A \longrightarrow \cancel{B} \quad \Delta H_۱ = ۸۴kJ$

$\cancel{B} \longrightarrow C \quad \Delta H_۲ = ۱۲/۶kJ$

$A \longrightarrow C \quad \Delta H = ۹۶/۶kJ$



ب- برای محاسبه ΔH واکنش $A \longrightarrow B$ کافی است واکنش اول را عکس کنیم که در این صورت علامت ΔH واکنش اول عوض می‌شود:

$A \longrightarrow B \quad \Delta H_۱ = ۸۴kJ$

$B \longrightarrow A \quad \Delta H = -۸۴kJ$

پ- $B \longrightarrow C \quad \Delta H_۱ = ۱۲/۶kJ \qquad C \longrightarrow B \quad \Delta H = -۱۲/۶$

ت- $C \longrightarrow A \quad \Delta H = -۹۶/۶kJ$

۴۰۱- **مثال ۳۰**: با توجه به واکنش‌های A و B مقدار ΔH واکنش کلی C را بیابید:

$$(A)\ \frac{۱}{۲}N_{۲(g)} + \frac{۱}{۲}O_{۲(g)} \longrightarrow NO_{(g)} \quad \Delta H_A = +۲۱/۶kJ$$

$$(B)\ \frac{۱}{۲}N_{۲(g)} + O_{۲(g)} \longrightarrow NO_{۲(g)} \quad \Delta H_B = +۸/۱kJ$$

$$(C)\ NO_{(g)} + \frac{۱}{۲}O_{۲(g)} \longrightarrow NO_{۲(g)} \quad \Delta H_C = ?kJ$$

حل: در معادله‌ی (C)، $N_۲$ حذف شده است از طرفی NO که در معادله‌ی (A) در سمت راست بوده در معادله (C) به سمت چپ آمده است. بنابراین باید معادله‌ی (A) را معکوس کنیم و بعد دو معادله را با هم جمع کنیم:

$$(A')\ NO_{(g)} \longrightarrow \cancel{\frac{۱}{۲}N_{۲(g)}} + \frac{۱}{۲}O_{۲(g)} \quad \Delta H = -۲۱/۶kJ$$

$$(B')\ \cancel{\frac{۱}{۲}N_{۲(g)}} + O_{۲(g)} \longrightarrow NO_{۲(g)} \quad \Delta H = ۸/۱kJ$$

$$NO_{(g)} + \frac{۱}{۲}O_{۲(g)} \longrightarrow NO_{۲(g)} \quad \Delta H_C = -۲۱/۶ + ۸/۱ = -۱۳/۵$$

۴۰۲- **مثال ۳۱**: با در دست داشتن معادله‌های زیر:

$$(۱)\ ۲NH_{۳(g)} + ۳N_۲O_{(g)} \longrightarrow ۴N_{۲(g)} + ۳H_۲O_{(l)} \qquad \Delta H = -۱۰۱۰$$

$$(۲)\ ۴NH_{۳(g)} + ۳O_{۲(g)} \longrightarrow ۲N_{۲(g)} + ۶H_۲O_{(l)} \qquad \Delta H = -۱۵۳۱$$

مقدار ΔH واکنش: $N_{۲(g)} + \frac{۱}{۲}O_{۲(g)} \longrightarrow N_۲O_{(g)}$ را محاسبه کنید.

حل: واکنش(۱) را باید معکوس کنیم زیرا $N_۲O$ در واکنش مورد نظر در سمت راست قرار دارد در صورتی که در واکنش(۱) در سمت چپ واقع است. از طرفی ضریب $N_۲O$ باید یک باشد پس واکنش (۱) را باید در $\frac{۱}{۳}$ ضرب کرد:

از طرفی $NH_۳$ باید از هر دو طرف حذف شود پس ضریب $NH_۳$ در واکنش (۲) نیز باید $\frac{۲}{۳}$ باشد. پس واکنش (۲) را باید در $\frac{۱}{۶}$ ضرب کرد.

واکنش‌های $(۱')$ و $(۲')$ را جمع می‌کنیم:

$$(۱')\ \frac{۴}{۳}\cancel{N_{۲(g)}} + \cancel{H_۲O_{(l)}} \longrightarrow \frac{۲}{۳}\cancel{NH_{۳(g)}} + N_۲O_{(g)} \qquad \Delta H = +۳۳۶/۷$$

$$(۲')\ \frac{۲}{۳}\cancel{NH_{۳(g)}} + \frac{۱}{۲}O_{۲(g)} \longrightarrow \frac{۱}{۳}\cancel{N_{۲(g)}} + \cancel{H_۲O_{(l)}} \qquad \Delta H = -۲۵۵/۲$$

$$N_{۲(g)} + \frac{۱}{۲}O_{۲(g)} \longrightarrow N_۲O_{(g)} \qquad \Delta H = +۸۱/۵kJ$$

۴۰۳- مثال۳۲: با استفاده از سه واکنش زیر ΔH واکنش چهارم (تشکیل گاز آب) را محاسبه کنید.

$$(۱)\ C_{(s)} + O_{۲(g)} \longrightarrow CO_{۲(g)} \quad \Delta H_۱ = -۳۹۳/۵kJ$$

$$(۲)\ ۲CO_{(g)} + O_{۲(g)} \longrightarrow ۲CO_{۲(g)} \quad \Delta H_۲ = -۵۶۶kJ$$

$$(۳)\ ۲H_{۲(g)} + O_{۲(g)} \longrightarrow ۲H_۲O_{(g)} \quad \Delta H_۳ = -۴۸۳/۶kJ$$

$$(۴)\ C_{(s)} + H_۲O_{(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + H_{۲(g)}$$

تذکر: به مجموع CO و $H_۲$ اصطلاحا گاز آب گفته می‌شود.

حل: با توجه به فرآورده‌های CO و $H_۲$ واکنش (۲) و (۳) را باید معکوس کرد همچنین ضریب $H_۲$ و CO یک است پس واکنش (۲) و (۳) را باید در $\frac{۱}{۲}$ نیز ضرب کرد.

$$(۱)\ C_{(s)} + \cancel{O_{۲(g)}} \longrightarrow \cancel{CO_{۲(g)}} \quad \Delta H_۱ = -۳۹۳/۵$$

$$(۲')\ \cancel{CO_{۲(g)}} \longrightarrow CO_{(g)} + \frac{۱}{۲}\cancel{O_{۲(g)}} \quad \Delta H'_۲ = +۲۸۳$$

$$(۳')\ H_۲O_{(g)} \longrightarrow H_{۲(g)} + \frac{۱}{۲}\cancel{O_{۲(g)}} \quad \Delta H'_۳ = +۲۴۱/۸$$

$$C_{(s)} + H_۲O_{(g)} \longrightarrow H_{۲(g)} + CO_{(g)} \quad \Delta H = +۱۳۱/۳kJ$$

۴۰۴- مثال۳۳: طبق معادله‌ی واکنش زیر هرگاه ۱۵/۵ گرم پروپان را بسوزانیم چه مقدار گرما آزاد می‌شود؟

$$C_۳H_{۸(g)} + ۵O_{۲(g)} \longrightarrow ۳CO_{۲(g)} + ۴H_۲O_{(l)} \quad \Delta H = -۲۲۱۹kJ$$

حل: به ازای سوختن یک مول پروپان ۲۲۱۹kJ گرما آزاد می‌شود:

$$۱mol C_۳H_۸ = ۴۴g$$

$$?kJ = ۱۵/۵g\cancel{C_۳H_۸} \times \frac{۱mol C_۳H_۸}{۴۴g\cancel{C_۳H_۸}} \times \frac{۲۲۱۹kJ}{۱mol C_۳H_۸} = ۷۸۱/۷kJ$$

۴۰۵- آنتروپی و تعیین جهت پیشرفت واکنش‌های شیمیایی

اصولاً دو عامل باعث پیشرفت خودبخودی واکنش‌ها می‌شود:

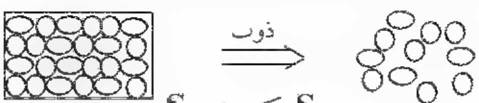
۱- عامل انرژی

۲- عامل بی‌نظمی

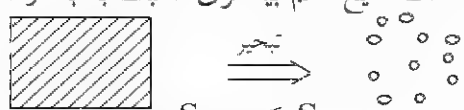
تمایل کلی ذره‌های تشکیل دهنده مواد برای رسیدن به حداکثر بی‌نظمی و آرایش بی‌قاعده و تصادفی یکی از قواعد موجود در طبیعت بشمار می‌آید از طرفی مواد با شرکت در واکنش‌های شیمیایی و تولید گرما، به حداقل انرژی می‌رسند.

آنتروپی یا بی‌نظمی را با نماد «S» نشان می‌دهند. آنتروپی نیز همچون آنتالپی یک تابع حالت بحساب می‌آید منظور از آنتروپی مقدار بی‌نظمی یک سیستم یا مولکول‌های آن است.

مولکول‌های آب در حالت مایع نظم بیشتری نسبت به بخار آب دارند بنابراین آنتروپی گاز از مایع بیشتر است.



فلز گالیم $S_{\text{جامد}} < S_{\text{مایع}}$



مایع $S_{\text{مایع}} < S_{\text{گاز}}$

۴۰۶- تغییر در آنتروپی یک سیستم را با نماد ΔS نشان می‌دهیم.

$\Delta S > ۰$ یعنی بی‌نظمی افزایش یافته و $\Delta S < ۰$ یعنی کاهش در میزان بی‌نظمی صورت گرفته است.

سوال: تغییر آنتروپی یا بی‌نظمی در کدام مثبت و در کدام منفی است؟

الف- حل شدن شکر در چای: $\Delta S > ۰$ بلورهای شکر در چای پخش می‌شوند.

ب- یخ بستن آب روی شیشه پنجره: $\Delta S < ۰$ عمل انجماد در جهت کاهش بی‌نظمی است.

ج- دمیدن باد در لاستیک اتومبیل:

$\Delta S > ۰$ بر اثر افزایش فشار گاز برخورد ذرات گاز و در نتیجه بی‌نظمی افزایش می‌یابد.

۴۰۷- به معادلات زیر توجه کنید.

۱) $CaCO_{3(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

گاز CO_2 تولید شده در سمت فرآورده باعث افزایش بی‌نظمی شده است. بنابراین: $\Delta S > 0$

۲) $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$

تعداد مول‌های گازی سمت فرآورده کاهش یافته است. بنابراین (از ۴ مول به ۲ مول) آنتروپی کم شده است.

$\Delta S < 0$

در واکنش ۱ اگرچه تجزیه کلسیم کربنات $CaCO_3$ گرماگیر است. $\Delta H > 0$ و این بر خلاف پیشرفت خودبخودی واکنش است اما عاملی که باعث پیشرفت خودبخودی آن می‌شود افزایش بی‌نظمی است.

در واکنش ۲ اگر چه بی‌نظمی یا آنتروپی کاهش داشته است $\Delta S < 0$ اما عاملی که باعث پیشرفت خودبخودی واکنش شده است گرماده بودن واکنش است $\Delta H < 0$.

بنابراین جهت تشخیص خودبخودی بودن یک واکنش هر دو عامل آنتروپی و آنتالپی باید مورد توجه قرار گیرد.

نکته: دما عامل مهمی در پیشرفت یک واکنش در یک جهت معین و موثر می‌باشد.

نکته: در دماهای پایین عامل انرژی نقش مهمی در پیشرفت واکنش دارد در حالیکه در دماهای بالا عامل بی‌نظمی یا آنتروپی اهمیت بالایی پیدا می‌کند.

نکته: هر واکنش یا هر فرآیند دیگر تمایل دارد به طور طبیعی به سمتی پیش برود که بی‌نظمی آن افزایش و سطح انرژی آن کاهش یابد (به حداقل انرژی برسد.)

سوال: هر یک از واکنش‌های زیر را از نظر تغییرات آنتروپی و آنتالپی بررسی کنید.

۱) $\underbrace{C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)}}_{\text{۳ مول گازی}} \longrightarrow \underbrace{2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}}_{\text{۵ مول گازی}} + Q$

سوختن الکل گرماده $\Delta H < 0$ است و تعداد مول‌های گازی تولید شده در طرف فرآورده افزایش یافته است. پس بی‌نظمی یا آنتروپی زیاد شده است $\Delta S > 0$. بنابراین هر دو عامل ΔH و ΔS مساعد جهت خودبخودی بودن واکنش است.

نکته: برابر بودن تعداد مول‌های گاز دو طرف واکنش دلیلی بر ثابت بودن بی‌نظمی در آن واکنش نیست.

تذکر: هرگاه واکنش بالا را معکوس نماییم هر دو عامل ΔH و ΔS بر خلاف تمایل ذاتی و طبیعی خود جهت‌گیری کرده و چه در گرما و چه در سرما انجام نمی‌شود.

۲) $H_2O_{(s)} + Q \longrightarrow H_2O_{(l)}$

فرآیند ذوب یخ اگرچه با افزایش سطح انرژی همراه است اما به دلیل افزایش میزان بی‌نظمی، این فرآیند خودبخود پیش می‌رود.

ترکیب مولکول‌های خرمایی رنگ NO_2 به یکدیگر و تشکیل گاز بی‌رنگ N_2O_4 مثال دیگری از مطلب بالاست.

۳) $\underbrace{NO_{2(g)} + NO_{2(g)}}_{\text{۲ مول گاز}} \longrightarrow \underbrace{N_2O_{4(g)}}_{\text{۱ مول گاز}} + Q \qquad \Delta S < 0$ و $\Delta H < 0$

۴) $\underbrace{2NH_{3(g)}}_{\text{۲ مول گاز}} + Q \longrightarrow \underbrace{N_{2(g)} + 3H_{2(g)}}_{\text{۴ مول گاز}}$

عاملی که باعث پیشرفت خودبخودی این دسته از واکنش‌هاست عامل آنتروپی یا بی‌نظمی است.

آنتروپی مثبت (بی نظمی زیاد) $\Delta S > 0$ گرماگیر $\Delta H > 0$

۴۰۸- در یک جمع‌بندی کلی می‌توان چهار حالت را برای مقایسه پیشرفت واکنش‌ها در نظر گرفت.

دسته اول: گرماده $\Delta H < ۰$ ، با افزایش آنتروپی یا بی‌نظمی $\Delta S > ۰$ ⇐ خودبخودی در هر دمایی.

دسته دوم: گرماگیر $\Delta H > ۰$ ، با افزایش آنتروپی یا بی‌نظمی $\Delta S > ۰$ ⇐ خودبخودی در دماهای بالا.

دسته سوم: گرماگیر $\Delta H > ۰$ ، با کاهش بی‌نظمی یا آنتروپی $\Delta S < ۰$ ⇐ غیر خودبخودی در هر دمایی.

دسته چهارم: گرماده $\Delta H < ۰$ ، با کاهش بی‌نظمی یا آنتروپی $\Delta S < ۰$ ⇐ خودبخودی در دماهای پایین.

۴۰۹- انرژی آزاد گیبس

ویلارد گیبس امریکایی رابطه‌ای بین ΔH و ΔS برقرار کرد تا بتواند در مورد انجام‌پذیر و ناپذیری واکنش‌ها بهتر نتیجه‌گیری کند.

هرگاه انرژی آزاد گیبس را با نماد G و تغییرات آن را با نماد ΔG نمایش دهیم. رابطه زیر بین آنتالپی و آنتروپی و انرژی آزاد گیبس برقرار است.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

تغییر انرژی آزاد ← ΔG ؛ تغییرات آنتالپی ← ΔH ؛ دما بر حسب کلوین (K) ← T ؛ تغییرات آنتروپی ← ΔS

مطابق رابطه بالا وابستگی ΔG به دما مشخص است.

هرگاه در یک واکنش شیمیایی یا هر فرایندی $\Delta G < ۰$ باشد واکنش خودبخودی صورت می‌گیرد و بلعکس هرگاه $\Delta G > ۰$ باشد غیر خودبخودی است.

نکته: اینکه ΔG مثبت یا منفی باشد به مقدار ΔH و $T\Delta S$ بستگی دارد.

نکته: اگر واکنشی در دماهای پایین صورت گیرد و تغییرات آنتروپی آن ΔS کم باشد از جمله $T\Delta S$ می‌توان صرف‌نظر کرد در این صورت ΔG تا حد زیادی تابع ΔH خواهد بود. اکثر واکنش‌هایی که در دمای اتاق خودبخود صورت می‌گیرند ΔH آن‌ها منفی است.

نکته: واکنش‌هایی که شدیداً گرماگیر هستند زمانی انجام می‌شوند که $T\Delta S$ بزرگ داشته باشند زیرا در دماهای بالا بی‌نظمی (آنتروپی) افزایش می‌یابد.

مانند: واکنش کربن با بخار آب گرماگیر است و آنتروپی افزایش می‌یابد. زیرا طی این واکنش کربن از شکل آرایش منظم به آرایش نامنظم گاز CO تبدیل می‌شود. دما (T) در این واکنش بالاست (۶۰۰ تا $۹۰۰^\circ C$) چنانچه دما را کم کنیم واکنش متوقف می‌شود.

در جدول زیر خلاصه مطالب گفته شده در بالا آمده است.

خودبخودی بودن واکنش و اندازه های ΔH و ΔS			
ΔH	ΔS	ΔG	توضیح
(گرماده) -	(افزایش آنتروپی) +	-	همیشه خودبه خودی است
+	+	+ یا -	در دماهای بالا خودبخودی است
-	-	+ یا -	در دماهای پایین خودبخودی
+	-	+	هرگز خودبخودی نیست
$T\Delta S = \Delta H$		۰	در حالت تعادل (⇌)

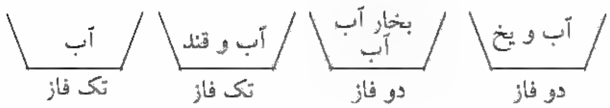
بخش سوم: محلول‌ها

۴۱۰- محلول

مخلوط همگنی که اجزای آن تا حد ممکن به طور یکسان و یکنواخت مخلوط شده باشد.

۴۱۱- فاز

به نمونه‌ای از یک ماده که هم از نظر حالت فیزیکی و هم ساختار شیمیایی یکنواخت باشد فاز گفته می‌شود.



۴۱۲- اجزای محلول

هر محلول به طور کلی از دو بخش تشکیل شده است:

۱- حلال

۲- حل شونده

در یک محلول ماده‌ای که به مقدار بیشتر وجود دارد و نقش حل کنندگی ایفا می‌کند حلال و ماده‌ای که به مقدار کم وجود دارد حل شونده نامیده می‌شود.

تذکر: فلزاتی همچون Ag و Au در یکدیگر حل می‌شوند و محلول‌های جامد تشکیل می‌دهند، محلول‌های جامد تشکیل آلیاژ می‌دهند.

به جدول زیر در مورد انواع محلول‌ها توجه کنید.

حلال	ماده حل شونده	مثال متداول
گاز	گاز	هلیم - اکسیژن (گاز تنفس غواصان در عمق دریا)
گاز	مایع	هوا - آب (رطوبت)
گاز	جامد	هوا - نفتالن (گلوله های ضد بید)
مایع	گاز	آب - کربن دی اکسید (نوشابه های غیر الکلی)
مایع	مایع	آب - استیک اسید (سرکه)
مایع	جامد	آب - نمک (آب دریا)
جامد	گاز	پالادیم - هیدروژن (فندک بخاری گازی)
جامد	مایع	نقره - جیوه (ملغمه دندان سازی)
جامد	جامد	طلا - نقره (حلقه زناشویی)

در میان حلال‌های موجود در طبیعت آب به عنوان مهمترین و متداول‌ترین حلال شناخته شده است.

هگزان، اتانول واستون سه نمونه از حلال‌های آلی یا غیر آبی هستند.

۴۱۳- انحلال‌پذیری مواد در آب

میزان حل شدن مواد در آب در دمای مشخص با یکدیگر متفاوت است در یک دمای معین حداکثر مقدار ماده حل شده در ۱۰۰ گرم آب را انحلال‌پذیری یا قابلیت انحلال ماده می‌نامند.

سوال: «انحلال‌پذیری نیکل (II) کلرید در دمای $۲۰^\circ C$، ۶۴/۲ گرم است» مفهوم این عبارت چیست؟

جواب: یعنی اگر در ۱۰۰g آب (حلال) مقدار ۶۴/۲ گرم از این ماده در دمای $۲۰^\circ C$ حل شود محلول سیر شده‌ای از نیکل (II) کلرید تولید می‌شود.

۴۱۴- دسته‌بندی انحلال‌پذیری ترکیب‌های یونی در آب

۱- تمام نیترات‌ها محلولند.

۲- تمام استات‌ها محلولند.

۳- تمام کلرات‌ها محلولند.

۴- تمام کلریدها محلولند به جز کلریدهای مس (I)، جیوه (I)، نقره و سرب (II).

۵- تمام برمیدها محلولند غیر از برمیدهای مس (I)، جیوه (I)، نقره و مس (II).

۶- تمام یُدیدها محلول هستند غیر از یُدیدهای مس (I)، جیوه (I)، نقره، سرب (II).

۷- تمام سولفات‌ها محلولند غیر از سولفات‌های روبرو: $\begin{cases} Hg_۲SO_۴ \\ Ag_۲SO_۴ \end{cases}$ $\begin{cases} CaSO_۴ \\ SrSO_۴ \\ PbSO_۴ \\ BaSO_۴ \end{cases}$

۸- سولفیدهای فلزهای قلیایی $(Na_۲S)$ و قلیایی خاکی (CaS) و آمونیوم سولفید محلول و بقیه سولفیدهای فلزی نامحلول هستند.

۹- کربنات‌های قلیایی $(Na_۲CO_۳)$ محلول و بقیه کربنات‌های فلزی نامحلول.

۱۰- هیدروکسیدهای قلیایی محلول و $Ca(OH)_۲$ و $Sr(OH)_۲$ و $Ba(OH)_۲$ محلول هستند. بقیه هیدروکسیدهای فلزات نامحلول هستند.

۴۱۵- پیش‌بینی انحلال‌پذیری دو ماده در یکدیگر

یکی از روش‌های آسان برای تعیین انحلال‌پذیری دو ماده در هم افزودن آن‌ها به یکدیگر است در حالیکه بدون انجام آزمایش هم می‌توان در مورد انحلال‌پذیری مواد در هم قضاوت کرد برای این کار بایستی در مورد نیروهای جاذبه ذرات حل شونده و حلال آگاهی داشت.

بنابه یک قاعده کلی در مورد محلول‌های ساده چهار حالت را می‌توان برای انحلال‌پذیری آن‌ها در نظر گرفت.

ترکیبهای حلال - حل شونده		
نوع حلال	**نوع ماده حل شونده**	**احتمال انحلال پذیری**
قطبی	قطبی	بله
قطبی	غیر قطبی	خیر
غیر قطبی	قطبی	خیر
غیر قطبی	غیر قطبی	بله

۴۱۶- حالت اول: حلال قطبی - ماده حل شونده قطبی یا یونی

هنگامی که ماده حل شونده قطبی به حلال قطبی وارد شود. ذرات حلال به دلیل جاذبه ناشی از قطبی بودن به ذرات حل شونده متصل می‌شوند همین امر باعث می‌شود تا نیروهای درونی حل شونده کاهش یافته و ذرات موجود در سطح بلور به وسیله ذرات حلال احاطه می‌شوند.

برای مثال با ریختن $LiCl$ به عنوان یک ترکیب یونی در آب یون‌های Cl^- با سر مثبت مولکول آب $(Cl^- \ldots H_2O)$ و Li^+ به سر منفی آب $(H_2O \ldots Li^+)$ اتصال یافته و نوعی جاذبه بین یون (آنیون - کاتیون) و یک مولکول قطبی (آب) ایجاد می‌گردد که به این اتصال جاذبه (یون - دو قطبی) گفته می‌شود. حل شدن نمک خوراکی در آب مثال دیگری از این نوع انحلال است.

۴۱۷- حالت دوم: حلال قطبی - ماده حل شونده غیر قطبی

در این حالت بین حلال قطبی و ماده حل شونده‌ی غیرقطبی جاذبه بسیار کمی وجود خواهد داشت. بنابراین احتمال انحلال‌پذیری بسیار کم است. مانند انحلال جزیی یُد در آب و یا حل نشدن تولوئن C_7H_8 در آب.

۴۱۸- حالت سوم: حلال غیر قطبی - ماده حل شونده قطبی

در اینجا بین حلال غیر قطبی و حل شوند قطبی همچون قبل انحلال‌پذیری بسیار کم است. مانند حل نشدن آب در هگزان مایع.

۴۱۹- حالت چهارم: حلال غیر قطبی - ماده حل شونده غیر قطبی

نوعی نیروی جاذبه میان ذرات حلال غیرقطبی وجود دارد که به آن نیروی لوندون گفته می‌شود. بنابراین تمام ذرات موجود در این قبیل محلول‌ها تحت اثر این نیرو هستند (حل شدن تولوئن غیرقطبی در هگزان غیرقطبی)

سوال: حل شدن یُد در آب و پروپانون (آستون) و کربن تتراکلرید را با هم مقایسه کنید.

جواب: یُد جامدی غیرقطبی است میزان انحلال‌پذیری آن در کربن تتراکلرید از همه بیشتر است.

I_2 کربن تتراکلرید $>$ I_2 پروپانون (آستون) $>$ I_2 در آب

افزایش انحلال پذیری ←

شکر ماده‌ای قطبی است و در آب به خوبی حل می‌شود در اینجا علت انحلال برقراری پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب و شکر (ساکاروز $C_{12}H_{22}O_{11}$) است.

برخی از مولکول‌ها دارای دو بخش قطبی و ناقطبی هستند نظیر اتانول C_2H_5OH و بوتانول C_4H_9OH.

بوتانول $\underbrace{CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2}_{\text{بخش ناقطبی}} - \underbrace{O^{\delta-} - H^{\delta+}}_{\text{بخش قطبی}}$

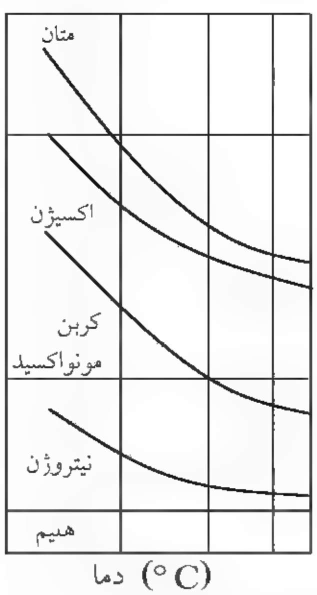
اتانول $\underbrace{CH_3 - CH_2}_{\text{بخش ناقطبی}} - \underbrace{O^{\delta-} - H^{\delta+}}_{\text{بخش قطبی}}$

اتانول مجموعاً یک مولکول قطبی است به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی با آب بخوبی در آب حل می‌شود. در بوتانول بدلیل حجیم بودن بخش ناقطبی قدرت انحلال‌پذیری شدیداً کاهش می‌یابد.

نکته: الکل‌هایی که جرم مولکولی کمی دارند از طریق پیوند هیدروژنی در آب بخوبی حل می‌شوند. اما الکل‌هایی که چهار یا تعداد بیشتری اتم کربن دارند در آب حل نمی‌شوند، علت آن بزرگی بخش ناقطبی آن‌هاست.

۴۲۰- انحلال‌پذیری گازها در آب

دو عامل فشار و دما بر انحلال‌پذیری گازها موثرند. با افزایش فشار انحلال‌پذیری گاز افزایش می‌یابد. هر چه بر دمای محلول افزوده شود انحلال‌پذیری گاز در مایع کاهش می‌یابد. شکل زیر بیانگر تاثیر دما بر انحلال‌پذیری گازهای محلول در آب است تغییرات دما بر انحلال‌پذیری متان موثرتر از سایر گازهاست در حالیکه افزایش دما چندان بر انحلال‌پذیری هلیم موثر نیست.



منحنی انحلال پذیری برخی از گازها در آب به عنوان تابعی از دما

۴۲۱- گرمای انحلال

انحلال مواد با مبادله گرما صورت می‌گیرد. به تغییرات آنتالپی مربوط به حل شدن یک مول ماده در مقدار زیادی حلال، گرمای انحلال یا آنتالپی انحلال $(\Delta H_{\text{انحلال}})$ گفته می‌شود.

مراحل انحلال موادی که به صورت مولکولی در آب حل می‌شوند (شکر در آب) q

۱- جدا شدن مولکول‌های ماده حل شونده از یکدیگر (این مرحله گرماگیر است) q_1

۲- جدا شدن مولکول‌های حلال (آب) از یکدیگر (این مرحله نیز گرماگیر است) q_2

۳- پراکنده شدن یکنواخت مولکول‌های حل شونده در بین حلال (این مرحله گرماده است) q_3

گرمای انحلال از جمع جبری گرماهای مصرف شده در مرحله ۱ و ۲ و ۳ بدست می‌آید. $q = q_1 + q_2 + q_3$

در این ارتباط ۳ حالت وجود دارد:

حالت اول $\Rightarrow q_1 + q_2 > q_3 \Rightarrow$ فرآیند گرماگیر

حالت دوم $\Rightarrow q_1 + q_2 < q_3 \Rightarrow$ فرایند گرماده

حالت سوم $\Rightarrow q_1 + q_2 = q_3 \Rightarrow$ بدون مبادله گرما (انحلال ایده‌آل)

در انحلال شکر در آب مجموع $q_1 + q_2$ از q_3 بیشتر است بنابراین انحلال گرماگیر می‌باشد.

نکته: در انحلال گرماگیر با افزایش دما مقدار بیشتری از جسم حل شونده در حلال حل می‌شود.

نکته: در انحلال گرماده افزایش دما مقدار انحلال‌پذیری را کاهش می‌دهد.

۴۲۲- فرآیند انحلال ترکیب یونی در آب

مرحله اول: شکستن شبکه بلور ترکیب یونی
مرحله دوم: جدا شدن مولکولهای آب از هم
} هر دو مرحله گرماگیر است

مرحله سوم: آبپوشی یون‌ها: در این مرحله هر یک از یون‌های مثبت و منفی توسط تعدادی از مولکول‌های آب احاطه می‌شوند. این مرحله گرماده است.

در پایان عمل گرمای انحلال از جمع جبری مقادیر بالا بدست می‌آید.

$KCl_{(s)} + q_1 \longrightarrow K^+_{(aq)} + Cl^-_{aq}$ (مرحله تفکیک یون‌ها)

۴۲۳- تعریف غلظت و انواع آن

برای اینکه بتوانیم محلول‌ها را از نظر کمی مورد بررسی قرار دهیم به روش‌هایی برای بیان غلظت نیازمندیم. غلظت درباره‌ی مقادیر نسبی ماده حل شونده و حلال در یک محلول اطلاعات به ما می‌دهد. در زیر با برخی از انواع آن آشنا می‌شویم.

آبپوشی یون‌ها:

$$\begin{cases} K^+_{(aq)} + xH_2O \longrightarrow K^+(H_2O)_x + q_2 \\ Cl^-_{(aq)} + yH_2O \longrightarrow Cl^-(H_2O)_y + q_3 \end{cases}$$

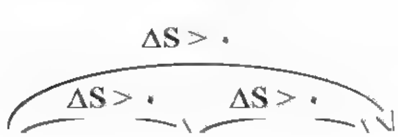
انواع غلظت:
۱- غلظت درصد یا درصد جرمی
۲- غلظت معمولی یا غلظت جرمی
۳- غلظت مولی یا مولاریته یا غلظت مولکولی
۴- مولالیته

فرآیند انحلال ... جهت تفکیک یون‌ها بیشتر از انرژی آبپوشی یونهاست.
$q_1 > \ldots$

نکته: در مرحله آبپوشی یون‌ها هر چه شعاع یون کوچکتر و بار الکتریکی آن بیشتر باشد، انرژی بیشتری آزاد می‌کند.

انحلال NaCl در آب به اندازه ۳+ کیلوژول بر مول گرماگیر است. $\Delta H_{\text{انحلال}} = +3 kJ.mol^{-1}$

عامل افزایش سطح انرژی یا گرماگیر بودن فرآیند مانع از خودبخودی بودن انحلال تلقی می‌شود، اما به دلیل افزایش بی‌نظمی یا آنتروپی انحلال خودبه‌خودی صورت می‌گیرد.



۴۲۴- درصد جرمی

برابر جرم ماده حل شده در ۱۰۰g محلول است. $درصد\ جرمی = \frac{جرم\ ماده\ حل\ شده}{جرم\ محلول} \times ۱۰۰$

مثال۲: ۱۲g NaCl را در ۶۸g آب حل می‌کنند. درصد جرمی NaCl در محلول را محاسبه کنید.

حل: جرم حل شونده + جرم حلال = جرم محلول　　　جرم ماده حل شونده = ۱۲g

جرم محلول = ۶۸g + ۱۲g = ۸۰g　　　جرم حلال = ۶۸g

$درصد\ جرمی = \frac{جرم\ حل\ شونده}{جرم\ محلول} \times ۱۰۰$　　　درصد جرمی NaCl = ? %

$درصد\ جرمی = \frac{۱۲g}{۸۰g} \times ۱۰۰ = \%۱۵$

۴۲۵- مثال۳: جرم NaCl موجود در ۶۰g محلول ۱۵% NaCl در آب چقدر است؟

جرم حل شونده = ?g

حل: ۱۵% یعنی ۰/۱۵ گرم از جرم محلول NaCl.　　جرم محلول = ۶۰g ⇒ ۰/۱۵ × ۶۰g = ۹gNaCl

درصد جرمی = ۱۵%

۴۲۶- مثال۴: چه مقدار شکر را باید در ۶۰g آب حل کنیم تا محلول ۲۵% بدست آید؟

جرم حلال = ۶۰g

حل:　درصد جرمی = ۲۵%

جرم حل شونده = ?g

هرگاه جرم محلول [(حل شونده)x + (حلال)۶۰g = جرم محلول] باشد. ۰/۲۵ این مقدار متعلق به ماده حل شونده یعنی شکر می‌باشد.

جرم شکر $x = ۰/۲۵(۶۰ + x) \Rightarrow x - ۰/۲۵x = ۱۵ \Rightarrow ۰/۷۵x = ۱۵ \Rightarrow x = ۲۰g$

۴۲۷- **مثال۵**: درصد وزنی NaF در محلولی که از انحلال ۱/۲۲ مول NaF در ۴۱/۲ مول H_2O تهیه شده چقدر است؟

جرم های مولی $\begin{cases} F = 19 g.mol^{-1} \\ Na = 23 g.mol^{-1} \\ H_2O = 18 g.mol^{-1} \end{cases}$

حل: ابتدا تعداد مول‌های داده شده را به گرم تبدیل می‌کنیم.

$$\text{NaF جرم} = 1/22\, \cancel{mol} \times \frac{(23+19)g}{1\, \cancel{mol}} = 51/24g$$

$$H_2O\ \text{جرم} = 41/2\, \cancel{mol} \times \frac{18g}{1\, \cancel{mol}} = 741/6$$

جرم محلول = جرم حلال + جرم حل شونده

جرم محلول = ۷۴۱/۶g + ۵۱/۲۴g

جرم محلول = ۷۹۲/۸۴g

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{51/24}{792/84} = \%6/46$$

۴۲۸- غلظت معمولی یا غلظت جرمی

مقدار گرم ماده حل شده در یک لیتر محلول را غلظت معمولی (C) گویند.

$$C(g.l^{-1}) = \frac{m(g)\ \text{جرم ماده حل شده}}{V(l)\ \text{حجم محلول به لیتر}}$$

۴۲۹- **مثال۶**: ۰/۸ گرم NaOH در ۲۰ml محلول وجود دارد غلظت این محلول بر حسب $g.l^{-1}$ چقدر است؟

حل: ابتدا میلی‌لیتر را به l تبدیل می‌کنیم.

جرم ماده حل شونده (NaOH) = ۰/۸g

حجم محلول = ۲۰ml

$$\text{حجم محلول به لیتر} = 20\, \cancel{ml} \times \frac{1l\ \text{محلول}}{1000\, \cancel{ml}\ \text{محلول}} = 0/02l$$

$C = ?g.l^{-1}$

$$C = \frac{m}{V} = \frac{0/8g\, NaOH}{0/02l\, NaOH\ \text{محلول}} = 40 g.l^{-1}$$

۴۳۰- **مثال۷**: غلظت محلولی از پتاسیم نیترات در آب برابر ۳۵ گرم بر لیتر است. محاسبه کنید که ۵۰۰ گرم پتاسیم نیترات در چند میلی‌لیتر محلول حل شده است؟

حل:

$$C = ۳۵g.l^{-۱} \quad m = ۵۰۰g \quad V = ?ml$$

$$C = \frac{m}{V} \Rightarrow ۳۵g.l^{-۱} = \frac{۵۰۰g}{V} = ۱۴/۲۸l$$

تبدیل لیتر به میلی لیتر $= ۱۴/۲۸l \times \frac{۱۰۰۰ml}{۱l} = ۱۴۲۸۰ml$

۴۳۱- غلظت مولار یا غلظت مولی

معرف تعداد مول‌های ماده حل شونده در یک لیتر محلول است.

$$M\left(mol.l^{-1}\right) \text{ مولاریته } = \frac{\text{تعداد مولهای ماده حل شونده}}{\text{حجم محلول به لیتر}}$$

مثال۸: در ۱/۶ لیتر محلول Na_2SO_4 ، ۱۴g Na_2SO_4 حل شده است غلظت مولار این محلول را حساب کنید.

$$\text{جرم های مولی} \begin{cases} Na = 23 g.mol^{-1} \\ S = 32 g.mol^{-1} \\ O = 16 g.mol^{-1} \end{cases}$$

حل: ابتدا جرم سدیم سولفات را به مول تبدیل می‌کنیم.

$\text{حجم محلول} = 1/6 l$

$\text{جرم حل شونده} = 14 g$ $\qquad 1 mol\, Na_2SO_4 = 142 g.mol^{-1}$

$M = ?\ mol.l^{-1}$

$$\text{تبدیل جرم به مول} = 14 \cancel{g} Na_2SO_4 \times \frac{1 mol\, Na_2SO_4}{142 \cancel{g}} = 0/098 mol$$

$$\text{مولاریته } C = \frac{\text{تعداد مول حل شونده}}{\text{حجم محلول به لیتر}} = \frac{0/098 mol}{1/6 l} = 0/061 mol.l^{-1}$$

مثال۹: در ۷۵ml محلول ۰/۲۲ مولار LiCl (لیتیم کلرید) چند گرم LiCl حل شده است؟

حل: ابتدا حجم (میلی‌لیتر) محلول را به لیتر تبدیل می‌کنیم.

$\text{حجم محلول} = 75 ml$

$M = 0/22$ مولار

$\text{جرم حل شونده LiCl} = ?g$

$$\text{تبدیل ml به l} = 75 \cancel{ml} \times \frac{1 l}{1000 \cancel{ml}} = 0/075 l$$

$$M = \frac{n \text{ تعداد مولهای حل شونده}}{V \text{ حجم محلول به لیتر}} \Rightarrow 0/22 M = \frac{n}{0/075 l}$$

n تعداد مول‌های حل شونده LiCl $= 0/0165 mol$

سپس تعداد مول‌های بدست آورده را به گرم تبدیل می‌کنیم.

$1 mol\, LiCl = 42/5 g$

$$\text{گرم LiCl} = 0/0165 \cancel{mol} LiCl \times \frac{42/5 g}{1 \cancel{mol} LiCl} = 0/701 g$$

۴۳۲- **مثال ۱۰**: محلولی از $Cu(NO_۳)_۲$ حاوی ۱۰۰mg نمک در هر سانتی‌متر مکعب محلول است. مولاریته این محلول را حساب کنید.

حل: ۱۰۰mg نمک در $۱cm^۳$ مثل۱۰۰g در $۱۰۰۰cm^۳$ یا ۱۰۰g در یک لیتر محلول است. بنابراین ۱۰۰g $Cu(NO_۳)_۲$ را به مول تبدیل می‌کنیم تا با داشتن حجم محلول مولاریته آن حساب شود.

$$۱mol\left(Cu(NO_۳)_۲\right) = ۱۸۸g$$

$$\text{تبدیل گرم به مول} = ۱۰۰g\,Cu(NO_۳)_۲ \times \frac{۱mol\,Cu(NO_۳)_۲}{۱۸۸g\,Cu(NO_۳)_۲} = ۰/۵۳mol\ Cu(NO_۳)_۲$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{۰/۵۳mol}{۱l} = ۰/۵۳mol.l^{-۱}\ \text{یا}\ M\ \text{مولار}$$

۴۳۳- **غلظت مولال یا مولالیته (m)**

به تعداد مول‌های ماده حل شده در ۱۰۰۰ گرم حلال گفته می‌شود.

$$m\ \text{مولالیته} = \frac{\text{تعداد مولهای حل شده}}{\text{تعداد کیلوگرم حلال}}$$

مثال ۱۱: ۱۵g سدیم سولفات را در ۱۲۵ml آب خالص $\left(d = ۱g/cm^۳\ \text{آب خالص}\right)$ حل می‌کنیم مولالیته $Na_۲SO_۴$ در این محلول چقدر است؟ $\left(۱mol\,Na_۲SO_۴ = ۱۴۲g\right)$

حل: چون چگالی آب $۱g/cm^۳$ در نظر گرفته شده است. یک لیتر آب جرمی معادل ۱۰۰۰ گرم را دارد. همچنین ۱۲۵ml آب جرمی معادل ۱۲۵ گرم دارد.

$$\text{محاسبه تعداد مولهای}\ Na_۲SO_۴ = ۱۵\cancel{g}\,Na_۲SO_۴ \times \frac{۱mol\,Na_۲SO_۴}{۱۴۲\cancel{g}} = ۰/۱۰۵mol$$

$$\text{مولالیته}\ m\ \text{محلول} = \frac{۰/۱۰۵mol}{۰/۱۲۵kg} = ۰/۸۴m\ \text{مولال}$$

۴۳۴- **مثال۱۲**: مولالیته یک محلول ۰/۵M ساکاروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ در آب چقدر است؟

(چگالی این محلول ۱/۰۶۴ گرم بر میلی‌لیتر است) ۳۴۲/۳g = جرم مولی ساکاروز

حل: ابتدا جرم یک لیتر محلول و سپس جرم ۰/۵ مول ساکاروز را محاسبه می‌کنیم.

$$\text{جرم یک لیتر از محلول} = 1000\,\cancel{ml} \times \frac{1/064g}{1\,\cancel{ml}\ \text{محلول}} = 1064g\ \text{جرم محلول}$$

$$\text{محاسبه جرم ساکاروز} = 0/5\,\cancel{mol}\ \text{ساکاروز} \times \frac{342/3g}{1\,\cancel{mol}\ \text{ساکاروز}} = 171/15g$$

جرم حلال به گرم = جرم محلول - جرم حل شونده ⇐ جرم حلال (آب) = ۱۰۶۴g - ۱۷۱/۱۵g = ۸۹۲/۸۵g

از آنجا که مولالیته یک محلول بیانگر تعداد مول‌های ماده حل شونده در ۱۰۰۰ گرم آب است بنابراین:

$$\frac{0/5mol\ \text{ساکاروز}}{\frac{892/8}{1000}kg\,H_2O} = 0/56(m)\ \text{مولال}$$

۴۳۵- نکته: در دمای اتاق یک لیتر آب نمی‌تواند جرمی معادل یک کیلوگرم داشته باشد (چگالی آب در این دما کم‌تر از یک است) بنابراین جرم محلول یک مولال بیشتر از یک مولار است از طرفی می‌دانید که با تغییر دما جرم ثابت است.

مثال۱۳: چند گرم منیزیم برای واکنش کامل با ۱/۲۵l محلول ۰/۵۵HCl مولار لازم است؟

$$Mg_{(s)} + ۲HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{۲(aq)} + H_{۲(g)}$$

لازم Mg جرم = ?g

HCl حجم محلول = ۱/۲۵l

HCl غلظت = ۰/۵۵mol/l یا M

حل: پس از نوشتن فهرست و اطلاعات مسأله نسبت مولی را تشکیل می‌دهیم.

$$\frac{۱molMg \text{ مصرف}}{۲molHCl \text{ مصرف}} \text{ یا } \frac{۲molHCl}{۱molMg}$$

تعداد مول‌های HCl را تعیین می‌کنیم:

$$n = M \times V = ۱/۲۵l\,\cancel{HCl} \times \frac{۰/۵۵molHCl}{l} = ۰/۶۹ \text{ مول}$$

از روی تعداد مول‌های HCl با استفاده از نسبت مولی تعداد مول‌های Mg را مشخص می‌کنیم.

$$Mg \text{ محاسبه مولهای} = ۰/۶۹mol\,\cancel{HCl} \times \frac{۱\,\cancel{molMg}}{۲\,\cancel{molHCl}} \times \frac{۲۴gMg}{۱\,\cancel{molMg}} = ۸/۵۱g$$

مثال۱۴: برای تولید ۱۱g مس چند میلی‌لیتر محلول ۰/۵M مس (II) سولفات برای واکنش با مقدار کافی Al مورد نیاز است.

$$۳CuSO_{۴(aq)} + ۲Al_{(s)} \longrightarrow Al_۲(SO_۴)_{۳(aq)} + ۳Cu_{(s)}$$

حل:

تولیدی Cu جرم = ۱۱g

حجم محلول = ?ml

غلظت محلول $CuSO_۴$ = ۰/۵mol/l

$$\text{نسبت مولی } \frac{۳molCu \text{ تولیدی}}{۳molCuSO_۴ \text{ مصرفی}} \text{ یا } \frac{۳molCuSO_۴}{۳molCu}$$

ابتدا جرم Cu را به مول تبدیل می‌کنیم ($?molCu = ۱۱gCu \times \frac{۱molCu}{۶۳/۵۴g} = ۰/۱۷mol$) با استفاده از نسبت مولی، تعداد مول‌های $CuSO_۴$ را از روی تعداد مول Cu حساب می‌کنیم.

$$?molCuSO_۴ = ۰/۱۷molCu \times \frac{۳molCuSO_۴}{۳molCu} = ۰/۱۷mol$$

با داشتن غلظت محلول $CuSO_۴$ و تعداد مول‌های آن حجم محلول محاسبه می‌شود.

$$M = \frac{n \text{ تعداد مولها}}{V \text{ حجم لیتر}} \Rightarrow ۰/۵M = \frac{۰/۱۷}{V(l)} = ۰/۳۴l$$

$$ml \text{ به } l \text{ تبدیل} = ۰/۳۴l \times \frac{۱۰۰۰ml}{۱l} = ۳۴۰ml$$

۴۳۷- **مثال۱۵**: برای افزایش Mg به $320cm^3$ محلول $0/5M\ H_2SO_4$ چند مول گاز هیدروژن آزاد می‌شود.

$$Mg_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow MgSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$$

حل: از روی حجم داده شده و غلظت محلول تعداد مول‌های H_2SO_4 را محاسبه کرده سپس با استفاده از نسبت مولی از روی تعداد مول‌های H_2SO_4 به تعداد مول‌های H_2 می‌رسیم.

H_2SO_4 حجم محلول $= 320cm^3$

غلظت محلول $0/5mol/l$

H_2 تعداد مولهای $= ?mol$

$$l \text{ به } cm^3 \text{ تبدیل} = 320cm^3 \times \frac{1l}{1000cm^3} = 0/32l$$

$$n = M \times V = 0/32l \times \frac{0/5mol}{1l} = 0/16mol$$

$$?mol H_2 = 0/16mol H_2SO_4 \times \frac{1mol H_2}{1mol H_2SO_4} = 0/16mol H_2$$

مثال۱۶: ۴۴۷cc محلول Na_2CO_3 را با مقدار اضافی سولفوریک اسید حرارت می‌دهیم تا واکنش کامل شود 5l گاز CO_2 خشک (در شرایط متعارفی) آزاد می‌شود مولاریته محلول Na_2CO_3 را حساب کنید.

$$Na_2CO_{3(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

حل: برای محاسبه مولاریته محلول Na_2CO_3 باید تعداد مول‌های آن را داشته باشیم تا با تقسیم کردن به حجم داده شده مولاریته مشخص شود می‌دانید که در شرایط متعارفی حجم یک مول از همه گازها 22/4l می‌باشد. بنابراین اگر از این رابطه تعداد مول‌های گاز CO_2 را حساب کنیم با توجه به نسبت مولی بین CO_2 و Na_2CO_3 به مول‌های Na_2CO_3 می‌رسیم.

$$?mol CO_2 = 5l\ CO_2 \times \frac{1mol CO_2}{22/4l} = 0/22mol CO_2$$

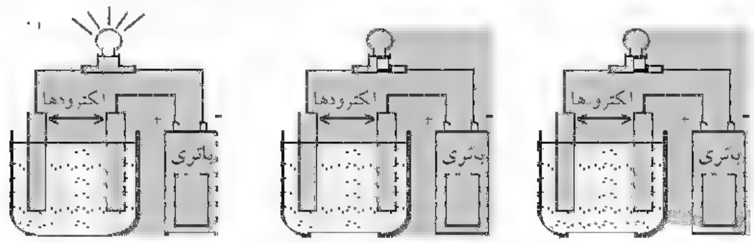
$$?mol Na_2CO_3 = 0/22mol CO_2 \times \frac{1mol Na_2CO_3 \text{ مصرف}}{1mol CO_2 \text{ تولید}} = 0/22mol$$

$$Na_2CO_3 \text{ مولاریته محلول } M = \frac{n}{V} = \frac{0/22mol}{0/447l} = 0/49mol.l^{-1}$$

۴۳۸- انواع محلول‌ها از نظر رسانایی الکتریکی

۱- محلول‌های الکترولیت:
- ۱- الکترولیت قوی: جزو حل شده به طور کامل به یون تبدیل می‌شود
- ۲- الکترولیت ضعیف: جزو حل شده کاملاً به یون تبدیل نمی‌شود و بیشتر مولکولی حل می‌شود

۲- محلول‌های غیر الکترولیت: یونی به محلول وارد نمی‌کند و یا تعداد یون‌های وارده به محلول ناچیز است و محلول آن شامل مولکول‌های یونیزه نشده است.
آب خالص رسانای الکتریسیته نیست با افزودن مقداری $NaCl$ محلول حاصل رسانا می‌شود محلول آب و قند نارسانا است زیر قند به صورت مولکولی حل می‌شود.محلول آبی ترکیبات یونی رسانای الکتریسیته هستند که به آن‌ها الکترولیت گفته می‌شود در یک میدان الکتریکی یون‌های مثبت از درون آب در یک جهت و یون‌های منفی در جهت مخالف حرکت می‌کنند. جریان یون‌ها منجر به تولید جریان الکتریکی می‌شود. محلول آبی $NaCl$ ، KNO_3 ، $CuSO_4$ و سایر ترکیبات یونی الکترولیت هستند.



ج- آب خالص (یک غیر الکترولیت)
ب- محلولی از قند (یک محلول غیر الکترولیت)
الف- محلولی از نمک طعام (یک محلول الکترولیت)

برای مثال مواد زیر در آب محلول‌های الکترولیت و غیر الکترولیت به وجود می‌اورند:

۱- $NaCl$ (الکترولیت زیرا به یون تبدیل می‌شود.)

۲- Br_2 (غیر الکترولیت زیر به صورت مولکولی حل می‌شود و یون تولید نمی‌کند)

۳- KNO_3 (الکترولیت)

۴- HCl (الکترولیت)

۵- $C_6H_{12}O_6$ (غیر الکترولیت زیرا مولکولی حل می‌شود)

۶- CH_3OH (غیر الکترولیت)

۷- C_6H_{14} هگزان (غیر الکترولیت)

۴۳۹- درجه تفکیک یونی و درصد تفکیک یونی

الکترولیت‌های ضعیف بطور کامل یونیزه نمی‌شوند بلکه عده‌ی کمی از مولکول‌های آن‌ها به صورت یون درمی‌آیند بنابراین هرگاه نسبت عده مولکول‌های یونیزه شده را به کل مولکول‌های حل شده یک الکترولیت تقسیم کنیم درجه تفکیک یونی محاسبه می‌شود.

$$\text{درجه تفکیک یونی } \alpha = \frac{\text{تعداد مولهای تفکیک شده}}{\text{کل مولهای حل شده}}$$

هرگاه α را در عدد ۱۰۰ ضرب کنیم درصد تفکیک یونی به دست می‌آید. $\%\alpha = \alpha \times ۱۰۰$

نکته: در دما و مولاریته مشخص هر چه $\%\alpha$ بزرگتر باشد محلول الکترولیت قوی‌تری است و از رسانایی بالایی برخوردار است.

نکته: شرایط محلولی که رسانای خوب الکتریسیته است:
۱- الکترولیت قوی باشد ۲- به خوبی در حلال (آب) حل شود

نکته: برای الکترولیت‌های قوی $\alpha = ۱$ و $\%\alpha = ۱۰۰$ است.

نکته: محدوده درجه تفکیک یونی $۰ \leqslant \alpha \leqslant ۱$ است.

نکته: با رقیق کردن یک محلول درجه تفکیک یونی آن زیاد می‌شود.

۴۴۰- مثال۱۷: اگر از ۲۰۰۰ مولکول یک ترکیب ۳۰ مولکول آن یونیزه شود، درصد تفکیک یونی آن چقدر است؟

حل:
$$\text{درصد تفکیک یونی } \%\alpha = \frac{\text{مولکول یونیزه شده ۳۰}}{\text{کل مولکولها ۲۰۰۰}} \times ۱۰۰ = ۱/۵$$

مثال۱۸: در صورتی که در محلول HF ۰/۱M در دمای معین ۰/۰۹۸ مول HF به صورت مولکول وجود داشته باشد درجه تفکیک یونی آن چقدر است؟

حل:
$$\text{درجه تفکیک یونی} = \frac{\text{مولکولهای یونیزه شده } ۰/۰۹۸ - ۰/۱}{\text{کل مولکولهای حل شده } ۰/۱\,mol} = ۰/۰۲$$

۴۴۱- مثال۱۹: اگر درصد تفکیک یونی استیک اسید $CH_۳COOH$ ۰/۲M برابر ۰/۹۳۵% باشد. غلظت H^+ را محاسبه کنید.

$$CH_۳COOH_{(aq)} \longrightarrow CH_۳COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

حل:
$$\%\alpha = \frac{\text{تعداد مولهای یونیزه شده}}{\text{تعداد کل مولهای شده}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \frac{۰/۹۳۵}{۱۰۰} = \frac{x}{۰/۲} \Rightarrow x = ۰/۰۰۱۸۷mol \text{ یا } ۱/۸ \times ۱۰^{-۳}mol$$

۴۴۲- خواص کولیگاتیو محلول‌ها

بعضی از خواص محلول‌ها تحت تاثیر جسم حل شده است. مثلاً وقتی که دارندگان خودرو به آب رادیاتور اتومبیل خود ضدیخ یا ضدجوش اضافه می‌کنند محلول حاصل مانع از یخ زدن یا به جوش آمدن آب رادیاتور می‌شود. نقطه انجماد و جوش محلول حاصل نسبت به آب خالص متفاوت است بنابراین آن دسته از خواص محلول‌ها که با خواص حلال خالص تفاوت دارد و به مقدار ذرات موجود در محلول بستگی دارد نه به نوع ذرات، خواص کولیگاتیو نامیده می‌شود.این خواص عبارتند از:

۱- فشار بخار

۲- دمای انجماد

۳- دمای جوش

۴- سرعت نفوذ ذرات از درون غشاء

۴۴۳- فشار بخار

فشار حاصل از مولکول‌های بخار در بالای مایع فشار بخار مایع گفته می‌شود. در اثر حل شدن ماده حل شدنی در یک حلال بعضی از ذرات جسم حل شونده در بخش بالایی مایع ظاهر شده و مانع از تبخیر ذرات حلال در سطح مایع می‌شود و همین امر باعث کاهش فشار بخار می‌شود زیرا حلال کمتری تبخیر می‌شود.

بنابراین اگر جسم حل شونده غیر فرآر باشد همیشه فشار بخار محلول کمتر از فشار بخار حلال خالص در همان دماست.

سوال: چرا افزایش ماده حل شدنی به آب باعث کاهش فشار بخار آن می‌شود؟ از دیدگاه مولکولی توضیح دهید.

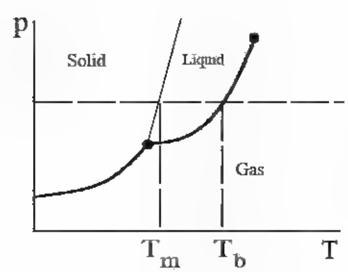
جواب: با افزودن ماده حل شدنی به حلال در واحد حجم مایع، تعداد کمتری مولکول آب وجود خواهد داشت لذا برای حفظ تعادل تعداد کمتری مولکول آب در فاز بخار وجود خواهد داشت و فشاری که بخار بر مایع وارد می‌کند کاهش می‌یابد و سرعت تبخیر کم می‌شود.

۴۴۴- افزایش نقطه جوش یک محلول

با ورود جسم حل شدنی غیر فرّار به حلال دمای جوش محلول بالا می‌رود. دمای جوش یک مایع دمایی است که در آن دما فشار بخار مایع برابر فشار جو وارده به مایع برابر می‌شود. بنابراین در یک محلول برای فرستادن ذرات حلال به فاز بخار و برابر شدن فشار جوّ با فشار بخار مایع دمای بالاتری لازم است.

۴۴۵- نزول نقطه انجماد محلول

نقطه‌ی انجماد، نقطه‌ای است که در آن فشار بخار جامد و مایع برابر می‌شوند چون ورود جسم حل شونده فشار بخار محلول را کاهش می‌دهد. پس در دماهای پایین‌تری فشار بخار جامد و مایع با هم برابر می‌شود.



T_m : نقطه ذوب

T_b : نقطه جوش

نتیجه: ورود جسم حل شونده غیر فرّار به مایع باعث افزایش دمای جوش و کاهش دمای انجماد آن می‌شود بالا رفتن دمای جوش و کاهش دمای انجماد هر دو بدلیل کاهش فشار بخار حلال بر اثر افزودن جسم حل شده است.

۴۴۶- **مثال ۲۰**: افزودن۱ مول جسم حل شونده غیر فرّار دمای جوش ۱kg آب را تقریباً $۰/۵۱۵^\circ C$ بالا می‌برد در حالیکه دمای انجماد آب را $۱/۸۵۳^\circ C$ کاهش می‌دهد.

محلول ۱ مولال شکر در آب یک مول ماده حل شدنی در ۱kg آب دارد. پس دمای انجماد را $۱/۸۵۳^\circ C$ پایین‌تر از آب خالص می‌برد.

محلول ۱ مولال نمک خوراکی شامل ۲ مول یون $\left(۱molNa^{+}\right.$ و $\left.۱molCl^{-}\right)$ در ۱kg آب است پس دمای انجماد $۲(۱/۸۵۳^\circ C)$ پایین می‌آورد.

محلول ۱ مولال کلسیم کلرید $CaCl_۲$ شامل ۳ مول یون $\left(۲molCl^{-}\right.$ و $\left.۱molCa^{۲+}\right)$ در ۱kg آب است پس دمای انجماد را $۳(۱/۸۵۳^\circ C)$ کاهش می‌دهد.

۴۴۷- محلول کلوئید و سوسپانسیون

کلوئیدها نوعی از مخلوط هستند که از نظر برخی از خواص با محلول‌ها مشابه‌اند و از برخی خواص تفاوت‌های مهمی دارند که در زیر مورد بحث قرار می‌گیرند.

هر کلوئید از دو فاز تشکیل شده است:

۱- فاز پراکنده

۲- فاز پیوسته

طبقه‌بندی کلوئیدها هم بر همین اساس صورت می‌گیرد.

به طور کلی ذراتی که اندازه آن‌ها حدود ۱ تا ۱۰۰nm (نانومتر) باشد به صورت پراکنده در همه جای محیط باقی می‌مانند. این مخلوطها را کلوئید گویند.

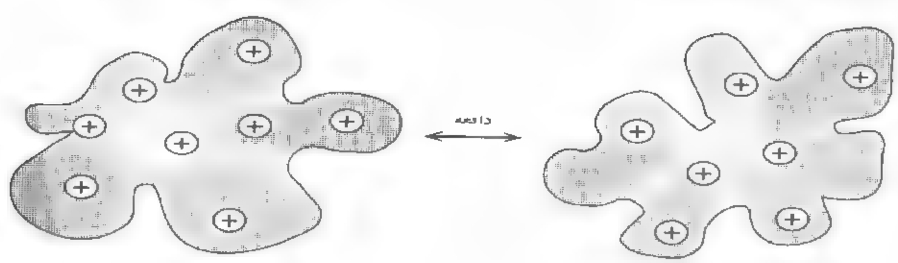
اصولاً کلوئیدها ظاهری همچون محلول‌ها دارند یعنی ظاهراً همگن و شفاف هستند و از کاغذ صافی می‌گذرند اما چهار تفاوت اساسی با محلول‌ها دارند.

۱- اندازه ذرات پخش شده در کلوئیدها بزرگتر از محلول‌هاست (بین 10^{-9} تا 10^{-7} متر).

۲- در اثر تابش نور به آن‌ها نور به اطراف پراکنده می‌شود و مسیر نور در کلوئید بر خلاف محلول‌ها مشخص و قابل مشاهده است. (اثر تیندال)

۳- کلوئیدها بر اثر گذشت زمان تغییر کرده و حالت پایدار ندارند.

۴- برخی از انواع کلوئیدها بر سطح خود بار منفی و برخی بار مثبت دارند و این امر باعث می‌شود که ذره‌های کلوئید هم نام یکدیگر را دفع کرده و همواره معلق بمانند.



یک ذرهٔ کلوئید با بار مثبت بر سطح آن — یک ذرهٔ کلوئید با بار مثبت بر سطح آن

گاهی ذرات کلوئید با اتصال به یکدیگر ذره بزرگتری را تشکیل می‌دهند و حالت نیمه جامد یا ژله‌ای به خود می‌گیرد (لخته شدن)

از نمونه‌های کلوئید می‌توان خون - پروتوپلاسم سلول‌های زنده - چسب‌ها و رنگ‌ها را نام برد.

۴۴۸- سوسپانسیون‌ها

مخلوطهای ناهمگنی هستند که در آن مجموعه‌ای از ذره‌های جامد در آب معلقند.

۴۴۹- ویژگی‌های سوسپانسیون‌ها

۱- اندازه ذرات آن‌ها بزرگتر از کلوئیدهاست (از 10^{-7} بزرگتر)

۲- از کاغذ صافی عبور نمی‌کنند.

۳- حالت پایدار ندارند و با گذشت زمان ذرات جامد آن ته‌نشین می‌شوند.

۴- با قرار دادن آن‌ها در مسیر نور، نور را به اطراف پراکنده می‌کنند.

۴۵۰- مقایسه ویژگی‌های محلول‌ها - کلوئیدها - سوسپانسیون‌ها

محلول ها	کلوئیدها	سوسپانسیون ها
$10^{-9}m >$ اندازه ذرات	$10^{-7}m >$ اندازه ذرات $> 10^{-9}m$	$10^{-7}m <$ اندازه ذرات
با گذشت زمان ته نشین نمی شود	ته نشین نمی شود ولی تغییر می کند	ته نشین می شود
از کاغذ صافی معمولی بدون تغییر می‌گذرد	بدون تغییر از کاغذ صافی معمولی می‌گذرد	به وسیله کاغذ صافی معمولی جدا می‌شود
نور را نمی پراکند	نور را پراکنده می کند	نور را می پراکند

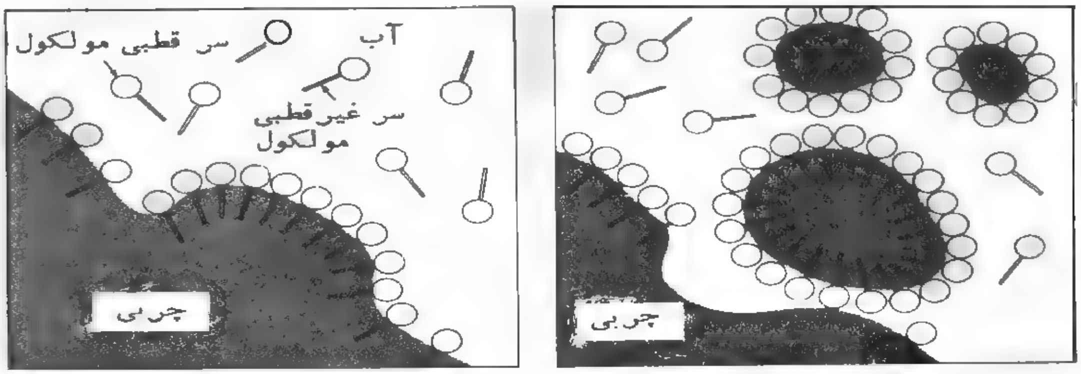
۴۵۱- انواع کلوئیدها:

حالت ذره پخش شده	**حالت محیط پخش کننده**	**نام کلی**	**نمونه ها**
۱- مایع	گاز	آئروسل مایع	ابر - مه - افشانه حشره کش و رنگ ها
۲- جامد	گاز	آئروسل جامد	دود اتومبیل
۳- گاز	مایع	کف	کف صابون
۴- مایع	مایع	امولسیون	مایونز
۵- جامد	مایع	سُل	رنگ ها و گل
۶- گاز	جامد	کف جامد	اسفنج
۷- مایع	جامد	ژل	کره - پنیر
۸- جامد	جامد	سُل جامد	برخی جوهرهای رنگی

۴۵۲- **صابون و نقش امولسیون کنندگی آن**

جهت برداشتن بهتر چرک باید امولسیونی پایدار از چرک‌ها در آب ایجاد نمود این کار به وسیله‌ی پاک کننده‌ها صورت می‌گیرد.

مولکول صابون یک سر هیدروکربنی غیر قطبی و یک سر یونی باردار دارد این ماهیت دوگانه باعث می‌شود که صابون خاصیت پاک‌کنندگی داشته باشد، چرک‌ها و چربی‌ها غیرقطبی‌اند و در سر غیر قطبی صابون حل می‌شوند و سر یونی صابون در آب بخوبی حل می‌شود.



یکی از ویژگی‌های مهم صابون آن است که با کاهش کشش سطحی آب در درز شکاف‌ها نفوذ کرده و لک و چربی‌ها را در خود حل می‌کند.

۴۵۳- **کروماتوگرافی**

یکی از روش‌های جداسازی مواد از هم روش کروماتوگرافی است.

هرگاه تفاوت دمای جوش مایع‌های موجود در محلول خیلی کم باشد از روش کروماتوگرافی استفاده می‌شود در همه روش‌های کروماتوگرافی ۲ فاز (ساکن - متحرک) وجود دارد.

انواع مهم کروماتوگرافی عبارتنداز:

۱- کروماتوگرافی کاغذ

۲- کروماتوگرافی ستونی

۴۵۴- چند میلی لیتر محلول $\text{۰/۲۴ mol.L}^{-1}\ HCl$ برای واکنش کامل با ۱۶ mL از محلول $\text{۰/۲mol.L}^{-1}\ Na_2CO_3$ طبق واکنش زیر لازم است؟

$$2HCl(aq) + Na_2CO_3(aq) \longrightarrow 2NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

$$?mLHCl = 16mLNa_2CO_3 \text{ محلول } \times \underset{(0/25)}{\frac{0/2molNa_2CO_3}{1LNa_2CO_3}} \times \underset{(0/25)}{\frac{2molHCl}{1molNa_2CO_3}} \times \underset{(0/25)}{\frac{1LHCl}{0/24molHCl}}$$

$$= \underset{(0/25)}{26/66\ ml.HCl}$$

۴۵۵- لاوازیه اکسیژن را عنصر اصلی سازنده اسیدها در نظر گرفت. بعدها همفری دیوی با معرفی هیدروکلریک اسید (HCl)، هیدروژن را به عنوان عنصر اصلی در ساختار اسیدها معرفی کرد.

۴۵۶- اسید به ترکیبی گفته می‌شود که در ساختار آن هیدروژن اسیدی، هیدروژنی که بتوان آن را طی واکنشی با یک اتم فلزی جایگزین کرد، وجود داشته باشد.

۴۵۷- هیدروژن‌هایی خصلت اسیدی دارند که معمولا به عناصر با الکترونگاتیوی بالا متصل شده باشند. در اتانول همه هیدروژن‌ها خصلت اسیدی ندارند و تنها هیدروژن متصل به اکسیژن اسیدی است و سدیم جایگزین آن می‌شود.

$$۲CH_۳CH_۲OH_{(l)} + ۲Na_{(s)} \rightarrow ۲CH_۳CH_۲ONa_{(s)} + H_{۲(g)}$$

۴۵۸- طبق مدل آرنیوس اسید ماده‌ای است که در آب حل می‌شود و یون $H^+_{(aq)}$ یا پروتون آزاد می‌کند. طی این واکنش HCl که یک ترکیب خنثی است به یون‌هایی با بار مخالف تبدیل می‌شود که به آن یونش می‌گویند.

$$HCl_{(g)} \xrightarrow{H_۲O} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

۴۵۹- طبق نظریه آرنیوس اکسید نافلزها با آب واکنش می‌دهند و یون هیدروژن تولید می‌کنند. از این رو آنها اسید آرنیوس به حساب می‌آیند و به آنها **اکسید اسیدی** می‌گویند.

$$N_۲O_{۵(s)} + H_۲O_{(l)} \rightarrow ۲H^+_{(aq)} + ۲NO^-_{۳(aq)}$$

۴۶۰- در مدل آرنیوس باز ماده‌ای است که به هنگام حل شدن در آب یون هیدروکسید $\left(OH^-_{(aq)}\right)$ آزاد کند. مثلا در اثر انحلال سدیم هیدروکسید در آب، یون‌های $OH^-_{(aq)}$ آزاد می‌شوند.

$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_۲O} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

۴۶۱- اکسید فلزهای انحلال‌پذیر بازهای آرنیوس به شمار می‌آیند و به آنها **اکسید بازی** می‌گویند. زیرا با آب واکنش داده و محلول قلیایی ایجاد می‌کنند.

$$Na_۲O_{(s)} + H_۲O_{(l)} \rightarrow ۲Na^+_{(aq)} + ۲OH^-_{(aq)}$$

۴۶۲- واکنش خنثی شدن، طی مدل آرنیوس، فرآیندی است که طی آن یون‌های H^{+} و OH^{-} با هم واکنش داده و آب تولید می‌کنند.

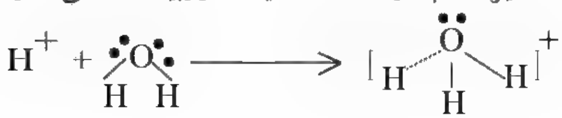
$$H^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \rightarrow H_{۲}O_{(l)}$$

یا

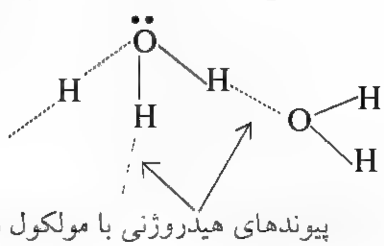
$$H_{۳}O^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \rightarrow ۲H_{۲}O_{(l)}$$

۴۶۳- (یون H^{+}) پروتون شعاع بسیار کوچکی دارد و به همین دلیل چگالی بار الکتریکی آن بسیار زیاد است و به حالت محلول به شدت آب پوشیده می‌شود و یون‌هایی با فرمول مولکولی $H_{۹}O_{۴}^{+}$, $H_{۷}O_{۳}^{+}$, $H_{۵}O_{۲}^{+}$, $H_{۳}O^{+}$ به وجود می‌آورد.

۴۶۴- یون هیدرونیوم $\left(H_{۳}O^{+}\right)$ از طریق ایجاد یک پیوند داتیو بین اتم اکسیژن آب و H^{+} که یک اوربیتال خالی دارد، ایجاد می‌شود.



۴۶۵- یون $H_{۳}O^{+}$ ایجاد شده دوباره آب‌پوشی می‌شود و با تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب، یون‌های $H_{۵}O_{۲}^{+}$, $H_{۷}O_{۳}^{+}$ و یا $H_{۹}O_{۴}^{+}$ را ایجاد می‌کند.



۴۶۶- به ترکیب‌هایی که هر دو خاصیت اسیدی و بازی را از خود نشان می‌دهند، آمفوتر می‌گویند. مانند $Al_{۲}O_{۳}$ که یک **اکسید آمفوتر** است و هم با اسید و هم با باز ترکیب می‌شود.

$$Al_{۲}O_{۳(s)} + ۶HCl_{(aq)} \rightarrow ۲AlCl_{۳(aq)} + ۳H_{۲}O_{(l)}$$

$$Al_{۲}O_{۳(s)} + ۲NaOH_{(aq)} + ۳H_{۲}O_{(l)} \rightarrow ۲\ [NaAl\ (OH)_{۴}]_{(aq)}$$

۴۶۷- مدل آرنیوس تنها در حالت محلول‌های آبی و موادی که در اثر انحلال در آب تولید یون هیدرونیم یا یون هیدروکسید می‌کنند، قابل استفاده است.

۴۶۸- مدل لوری - برونستد تعریف فراگیرتری از اسید و باز ارائه می‌دهد. بر طبق این مدل اسید ماده‌ای است که بتواند یک پروتون به ماده دیگری بدهد و باز ماده‌ای است که بتواند یک یون هیدروژن (پروتون) از ماده دیگری بپذیرد.

$$HBr_{(aq)} + H_۲O_{(l)} \rightarrow H_۳O^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$$

اسید برونستد　　باز برونستد

۴۶۹- طبق مدل برونستد - لوری هر واکنشی که شامل انتقال پروتون (H^+) از یک ماده به ماده دیگری باشد، یک واکنش اسید و باز خواهد بود.

۴۷۰- اسید برونستد هنگامی معنا پیدا می‌کند که در کنار یک باز برونستد قرار گرفته باشد.

۴۷۱- یکی از مزایای مدل لوری - برونستد نسبت به مدل آرنیوس گسترش محدوده اسید و باز به ترکیب‌های دیگری است که طبق مدل آرنیوس نمی‌توان در مورد آنها نظری ارائه کرد. مانند:

طبق مدل آرنیوس و مدل برونستد HCl اسید است.

ولی در مورد مولکول اب مدل آرنیوس نظری ندارد

در حالی که در مدل برونستد مولکول آب پذیرنده پروتون بوده و باز برونستد است.

اسید برونستد　　باز برونستد

$$HCl_{(aq)} + H_۲O_{(l)} \rightarrow H_۳O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

اسید آرنیوس

۴۷۲- یکی دیگر از مزایای مدل لوری - برونستد نسبت به مدل آرنیوس، بحث در مورد مواد تولید شده (فراورده‌ها) و خصلت اسیدی یا بازی آنها در واکنش برگشت است. مثلا در واکنش زیر

$$HI_{(aq)} + H_۲O_{(aq)} \rightleftharpoons H_۳O^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$$

HI اسید برونستد و آب باز برونستد است و برای واکنش برگشت $H_۳O^+$ اسید برونستد و I^- باز برونستد می‌باشند.

۴۷۳- یکی دیگر از مزایای مدل لوری برونستد گسترش بحث اسید و باز به فازهای دیگر به جز فاز محلول می‌باشد. مثلا در واکنش گازی $NH_{۳(g)} + HCl_{(g)} \rightarrow NH_۴Cl_{(s)}$. $NH_۳$ پذیرنده پروتون و باز برونستد و HCl دهنده پروتون و اسید برونستد است.

۴۷۴- در مدل لوری - برونستد هر ترکیبی که در سمت چپ معادله واکنش اسید باشد بعد از انجام واکنش به باز مزدوج خود تبدیل می‌شود و هر ترکیبی که در سمت چپ معادله باز برونستد باشد بعد از انجام واکنش به اسید مزدوج خود تبدیل می‌شود. به جفت‌های $(HNO_۳,\ NO_۳^-)$ و $(H_۲O,\ H_۳O^+)$ اسید و بازهای مزدوج می‌گویند.

$$HNO_{۳(aq)} + H_۲O_{(l)} \rightarrow H_۳O^+_{(aq)} + NO^-_{۳(aq)}$$

اسید　　باز　　اسید مزدوج　　باز مزدوج

۴۷۵- در مدل برونستد به خوبی مفهوم آمفوتر قابل توضیح است. مثلا در واکنش خود- یونش آب یک مولکول آب دهنده پروتون (اسید) و مولکول دیگر آب گیرنده پروتون (باز) می‌باشند که در نتیجه آمفوتر خواهند بود.

$$H_۲O_{(l)} + H_۲O_{(l)} \rightleftharpoons H_۳O^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)}$$

۴۷۶- دیدگاه دیگری در مورد اسید و باز وجود دارد که توسط لوویس مطرح شده است. بر طبق تعریف باز لوویس مولکول یا یونی است که دست کم یک جفت الکترون ناپیوندی دارد و می‌تواند با آن پیوند داتیو ایجاد کند و مولکول یا یونی که دست کم یک اوربیتال خالی دارد و جفت الکترون ناپیوندی را می‌پذیرد، اسید لوویس نامیده می‌شود.

۴۷۷- طبق تعریف لوویس تنها پروتون اسید نیست و تمام گونه‌هایی که اوربیتال خالی داشته باشند، اسید هستند مانند $BF_۳$, $SO_۳$, $AlCl_۳$, ...

$$NH_{۳(g)} + BF_۳(g) \rightarrow H_۳NBF_{۳(s)}$$

باز لوویس　اسید لوویس

۴۷۸- هنگامی که یک اسید لوری - برونستد در آب حل می‌شود. مولکول‌های قطبی آب. پیوند قطبی میان اتم هیدروژن و اتم الکترونگاتیوی که هیدروژن به آن متصل شده است را می‌شکنند و یک H^{+} به مولکول آب منتقل شده و یون هیدرونیم ایجاد می‌شود.

$$H-Cl_{(aq)} + H_۲O_{(l)} \rightarrow H_۳O^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

اسید　　باز　　اسید مزدوج　　باز مزدوج

۴۷۹- اسیدهای قوی اسیدهایی هستند که بر اثر حل شدن در آب تقریبا به طور کامل یونش می‌یابند و از مولکول‌های اولیه حل شده تقریبا چیزی باقی نمی‌ماند. مانند انحلال HCl در آب.

۴۸۰- اسیدهای ضعیف اسیدهایی هستند که در آب به طور جزئی یونیزه می‌شوند و همواره اندک یون‌های حاصل از یونش آنها با مولکول‌های تفکیک‌نشده، در تعادل هستند.

$$HF_{(aq)} + H_۲O_{(l)} \rightleftharpoons H_۳O^{+}_{(aq)} + F^{-}_{(aq)}$$

اسید　　باز　　اسید مزدوج　　باز مزدوج

۴۸۱- درجه یونش نسبت تعداد مولکول‌های یونیزه شده به تعداد کل مولکول‌های اولیه می‌باشد که با α نشان داده می‌شود و معمولا به صورت درصد گزارش می‌شود:

$$\alpha = \frac{\text{تعداد مولکول های تفکیک شده}}{\text{تعداد کل مولکول های اولیه}}$$

۴۸۲- درجه تفکیک یونی (α) به غلظت ماده مورد نظر و دمای محلول بستگی دارد. با افزایش غلظت محلول α کوچک‌تر و با افزایش دما α بیشتر می‌شود.

۴۸۳- تغییرات مقدار درجه تفکیک یونی به صورت: $(۱ \leqslant \alpha \leqslant ۰)$ است.

۴۸۴- برای اسیدهای ضعیفی که $\alpha < ۱$ دارند و به صورت تعادلی در آب حل می‌شوند می‌توان رابطه ثابت تعادل (K) را نوشت:

$$HF_{(aq)} + H_۲O_{(l)} \rightleftharpoons H_۳O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$$

$$K = \frac{\left[H_۳O^+\right]\left[F^-\right]}{[HF]\left[H_۲O\right]} \rightarrow K_a = K\left[H_۲O\right] = \frac{\left[H_۳O^+\right]\left[F^-\right]}{[HF]}$$

۴۸۵- اسیدهای ضعیفی که $\alpha < ۱$ دارند، ثابت تعادل (K) کوچکی نیز دارند و هرچه α کوچک‌تر از یک باشد به معنای کوچک‌تر شدن K هم می‌باشد.

۴۸۶- برای اسیدهای ضعیف K_a مقدار کوچکی است. برای مقایسه قدرت اسیدهای مختلف معمولا به جای K_a از $-\text{Log}\ K_a = PK_a$ استفاده می‌شود. هرچه PK_a کوچک‌تر باشد یعنی K_a بزرگ‌تر بوده و اسید قوی‌تر است و بیشتر یونیزه می‌شود. PK_a بزرگ به معنای اسید ضعیف‌تر (K_a کوچک‌تر) و میزان یونش کم اسید است.

۴۸۷- هرچه K_a بزرگ‌تر باشد یعنی قبل از برقراری تعادل واکنش رفت بهتر انجام شده است و به همان نسبت واکنش برگشت خوب انجام نمی‌شود. $K_a = ۱۰^۹ \quad HI_{(aq)} + H_۲O_{(l)} \rightleftharpoons H_۳O^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$ به عبارت دیگر HI اسید قوی‌تری نسبت به $H_۳O^+$, $H_۲O$ باز قوی‌تری نسبت به I^- می‌باشد که باعث شده واکنش رفت بهتر انجام شود.

۴۸۸- هرچه K_a کوچک‌تر باشد یعنی قبل از برقراری تعادل واکنش رفت خوب انجام نشده و به همان نسبت واکنش برگشت خوب انجام می‌شود. $K_a = ۵ \times ۱۰^{-۴} \quad HF_{(aq)} + H_۲O_{(l)} \rightleftharpoons H_۳O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$ به عبارت دیگر HF اسید ضعیف‌تری نسبت به $H_۳O^+$, $H_۲O$ باز ضعیف‌تری نسبت به F^- می‌باشد که باعث شده واکنش رفت خوب انجام نشود.

۴۸۹- با توجه به مقادیر K_a واکنشی بهتر انجام می‌شود (واکنش رفت یا برگشت) که اسید و باز قوی‌تر به اسید و باز ضعیف‌تر تبدیل شوند.

۴۹۰- با توجه به مقادیر K_a داده شده واکنش برگشت هر دو واکنش نسبت به واکنش رفت بهتر انجام می‌شوند. به عبارت دیگر CH_3COO^-, F^- بازهای قوی‌تری نسبت به آب هستند. اما CH_3COO^- باز قوی‌تری نسبت به F^- است زیرا واکنش برگشت آن بهتر انجام می‌شود.

$$HF_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)} \qquad K_a = 5 \times 10^{-4}$$

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)} \qquad K_a = 1/8 \times 10^{-5}$$

۴۹۱- هرچه اسید یا بازی ضعیف‌تر باشد، پایدارتر خواهد بود. به عبارت دیگر امکان تشکیل و یا وجود داشتن آن به صورت مولکولی یا یونی در محلول بیشتر خواهد بود و اسید و باز ضعیف‌تر امکان واکنش دادن کمتری خواهد داشت.

۴۹۲- HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4 به ترتیب اسیدهایی تک‌پروتونی (یک ظرفیتی)، دو پروتونی و سه پروتونی هستند.

۴۹۳- سولفوریک اسید که یک اسید دوپروتونی است، طی دو مرحله، در ضمن انجام یک واکنش تعادلی پروتون‌های خود را به آب منتقل می‌کند.

$$H_2SO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HSO^-_{4(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$HSO^-_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons SO^{2-}_{4(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

۴۹۴- همیشه مرحله اول تفکیک نسبت به مراحل بعدی یونش، بهتر و راحت‌تر انجام می‌شود. به عبارت دیگر همیشه K_a مرحله اول بزرگ‌تر از K_a مرحله دوم خواهد بود.

۴۹۵- به دو دلیل هرچه مراحل تفکیک بیشتر می‌شود. K_a مراحل بعد کوچک‌تر می‌شود.

۱ - ایجاد بار منفی روی مولکول اولیه که جدا شدن پروتون را در مراحل بعدی سخت‌تر می‌کند.

۲ - یون H_3O^+ ایجاد شده در مرحله اول (طبق اصل لوشاتلیه) مانع از ایجاد یون‌های H_3O^+ در مراحل بعدی می‌شود.

۴۹۶- در اسیدهای چند پروتونی، غلظت H_3O^+ موجود در محلول به مرحله اول تفکیک بستگی دارد و H_3O^+ تولید شده در مراحل بعد آنچنان کم است که می‌توان از مقدار آنها چشم‌پوشی کرد.

۴۹۷- به علت خود یونش مولکول‌های آب، مقدار بسیار کمی یون‌های $H_3O^+_{(aq)}$ و $OH^-_{(aq)}$ در آب یافت می‌شود:

$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$K = \frac{[H_3O^+]\,[OH]}{[H_2O]^2} \rightarrow K\,[H_2O]^2 = [H_3O^+]\,[OH^-] \rightarrow K_W = [H_3O^+]\,[OH^-]$$

K_W ثابت یونش یا حاصل ضرب یونی آب نامیده می‌شود.

۴۹۸- در دمای اتاق $K_W = ۱/۰ \times ۱۰^{-۱۴}\ mol^2 . l^{-2}$ است و چون تعداد یون‌های H_3O^+ با OH^- برابر است:

$$K_W = [H_3O^+]\,[OH^-] \rightarrow ۱/۰ \times ۱۰^{-۱۴} = x . x \rightarrow x = ۱/۰ \times ۱۰^{-۷} = [H_3O^+] = [OH^-]$$

یعنی در آب خالص در دمای اتاق مقدار H_3O^+ ۱۰$^{-۷}$ × ۱/۰ مول بر لیتر است.

۴۹۹- چون خود یونش آب فرآیندی گرماگیر است و با افزایش دما به سمت راست جابجا می‌شود و غلظت یون‌های $OH^-,\ H_3O^+$ زیاد می‌شود، در نتیجه با افزایش دما مقدار K_W نیز زیاد می‌شود ولی با کاهش دما مقدار K_W نیز کاهش می‌یابد. می‌دانیم تنها عاملی که K را تغییر می‌دهد، تغییرات دما است.

۵۰۰- اهمیت K_W در این است که با دانستن غلظت H_3O^+ یا OH^- می‌توانیم غلظت یون دیگر را حساب کنیم.

۵۰۱- با توجه به اینکه خود یونش آب یک واکنش تعادلی است با افزایش تعداد H_3O^+ تعادل به سمت چپ جابجا شده و غلظت OH^- کم می‌شود.

۵۰۲- پی اچ (PH) معیاری برای اندازه‌گیری میزان اسیدی بودن محلول‌هاست که با یک عدد ساده بیان می‌شود.

$$PH = -\,Log\,[H_3O^+] \text{ یا } PH = -\,Log\,[H^+]$$

در این مقیاس غلظت یون $[H_3O^+]$ مشخص می‌شود.

۵۰۳- برای سرعت عمل بیشتر در سوال‌های چهارگزینه‌ای می‌توانیم از روابط زیر استفاده کنیم:

$[H^+] = ۱۰^{-PH}$ ، $[H^+] = M . \alpha$ برای اسید یک پروتونی ، $PH + POH = ۱۴$

۵۰۴- مقیاس PH معمولا بین صفر تا چهارده مورد بحث قرار می‌گیرد ولی می‌تواند مقادیر کمتر از صفر و بیشتر از چهارده نیز داشته باشد.

۵۰۵- مقیاس PH لگاریتمی است و هر یک واحد تغییر PH، غلظت H^+ را ده برابر تغییر می‌دهد. مثلا غلظت H^+ در محلولی با ۲ = PH، صد برابر غلظت H^+ در محلولی با ۴ = PH می باشد.

۵۰۶- PH آب خالص در دمای $۲۵^{\circ}C$ برابر هفت است. با تغییر دما K_W تغییر کرده و PH آب خالص نیز تغییر می‌کند ولی در هر صورت آب خالص خنثی خواهد بود.

۵۰۷- شناساگرها دسته‌ای از ترکیب‌های رنگی محلول در آب هستند که می‌توانند در PH های مختلف رنگ‌های گوناگونی داشته باشند. با کمک محلول شناساگرهای اسید و باز می‌توان PH تقریبی یک محلول را اندازه گرفت.

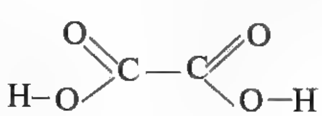
شناساگر	رنگ در محلول های مختلف		
	اسیدی	خنثی	بازی
لیتموس	سرخ	بنفش	آبی
فنول فتالیین	بی‌رنگ	بی‌رنگ	ارغوانی
متیل نارنجی	سرخ	نارنجی	زرد

۵۰۸- برای محاسبه PH محلول یک اسید قوی کافی است غلظت H_3O^+ را محاسبه کنیم. در این گونه اسیدها، چون تفکیک اسید کامل است $(\alpha = 1)$، غلظت اسید با غلظت H_3O^+ برابر خواهد بود. برای سوال‌های چهارگزینه‌ای کافی است در رابطه $[H^+] = M . \alpha$ غلظت مولار اسید را قرار دهیم. البته این رابطه برای اسیدهای یک پروتونی قابل استفاده است.

۵۰۹- برای محاسبه PH محلول اسیدهای ضعیف از رابطه $[H^+] = M . \alpha$ استفاده می‌کنیم. در این رابطه M غلظت مولی اسید و α درجه تفکیک یونی است. البته این رابطه برای اسیدهای ضعیف یک پروتونی قابل استفاده است.

۵۱۰- کربوکسیلیک اسیدها دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که یک یا چند گروه عاملی کربوکسیل (COOH-) در آنها یافت می‌شود. این ترکیب‌ها را به طور کلی به صورت آلکانوئیک اسید نامگذاری می‌کنند. بدین منظور تعداد کربن‌های ترکیب آلی را به صورت آلکان گفته و پسوند (وییک) را به ان اضافه می‌کنند و در آخر لفظ اسید را می‌آورند.
(استیک اسید) اتانوئیک اسید CH_3COOH، (فرمیک اسید) متانوئیک اسید HCOOH، بوتانوئیک اسید $CH_3CH_2CH_2COOH$ و پروپانوئیک اسید CH_3CH_2COOH.

۵۱۱- اسیدهای آلی با بیش از یک گروه عاملی نیز وجود دارند که برای نامگذاری آنها پیش از پسوند اوئیک اسید، تعداد گروه عاملی را با عددهای یونانی مشخص می‌کنند.
اتان دی‌اوئیک اسید (اگزالیک اسید) HOOC - COOH یا



۵۱۲- کربوکسیلیک اسیدهای سبک (تا چهار کربن) به علت تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب به خوبی در آب حل می‌شوند ولی با افزایش تعداد کربن‌ها و افزایش قسمت ناقطبی مولکول اسید از حلالیت آنها در آب کاسته می‌شود.

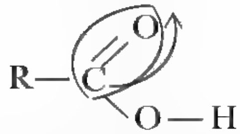
۵۱۳- کربوکسیلیک اسیدها، خاصیت اسیدی ضعیفی دارند و در محلول‌های آبی کم تفکیک می‌شوند و در محلول آنها تعادل زیر سریع برقرار می‌شود.

اسید   باز مزدوج

$$R-COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons R-COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

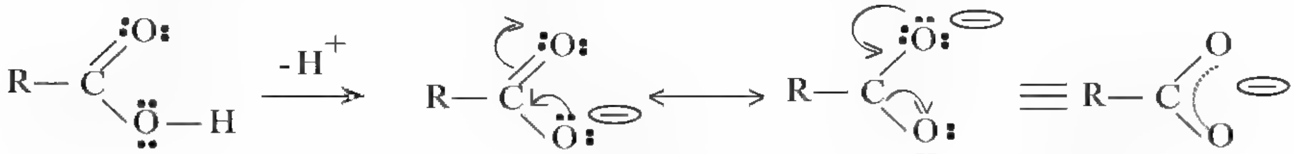
آلکانوئیک اسید   یون آلکانوات

۵۱۴- خصلت اسیدی آلکانوئیک اسیدها به دو علت زیر توضیح داده می‌شود:



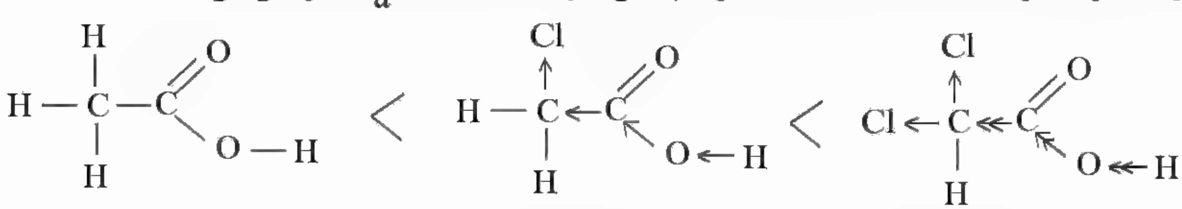
۱- اکسیژن متصل به کربن، الکترون‌های کربن را به سمت خود کشیده و دیگر الکترونی باقی نمی‌ماند که اکسیژن O- H آن را به سمت خود بکشد، در نتیجه اکسیژن با شدت بیشتری الکترون هیدروژن (O—H) را به سمت خود کشیده، پیوند O—H قطبی‌تر شده و در آب راحت‌تر تفکیک می‌شود.

۲ - اگر ترکیب آلی هیدروژن از دست بدهد به آنیونی تبدیل می‌شود که در آن بار منفی با ایجاد حالت‌های رزونانسی پخش شده و در نتیجه چگالی بار منفی آنیون کاهش یافته و حالت پایدارتری نسبت به موقعی که حالت رزونانسی نداشته باشد، ایجاد می‌کند و در نتیجه تمایل به از دست دادن H^+ (خصلت اسیدی) در ترکیب آلی تقویت می‌شود.



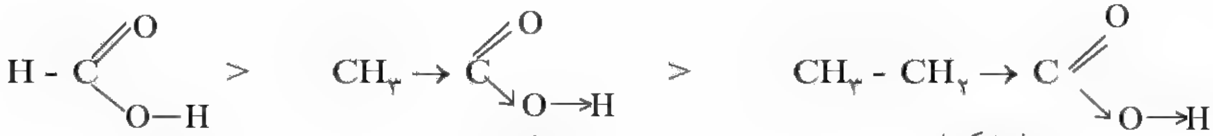
I   حالت های رزونانسی   II   هیبرید رزونانس

۵۱۵- اگر به کربن متصل به گروه کربوکسیل عناصر با الکترونگاتیوی بالا (گروه کِشنده الکترون) متصل شود (مانند هالوژن‌ها) باعث افزایش خصلت اسیدی ترکیب آلی می‌شوند و هرچه الکترونگاتیوی عنصر بیشتر شود و یا تعداد این عناصر زیادتر شود، تاثیر بیشتری روی خصلت اسیدی ترکیب آلی خواهند داشت و K_a افزایش می‌یابد.



اتانوئیک اسید   کلرواتانوئیک اسید   دی کلرو اتانوئیک اسید

۵۱۶- اگر به گروه کربوکسیل گروه‌های کربنی متصل شود (گروه الکترون‌دهنده) از خصلت اسیدی ترکیب آلی کاسته می‌شود و با افزایش تعداد کربن‌ها (تا پنج کربن) خصلت اسیدی کاهش بیشتری پیدا می‌کند و K_a کاهش می‌یابد (PK_a زیاد می‌شود.)



متانوئیک اسید > اتانوئیک اسید > پروپانوئیک اسید

۵۱۷- هرچه اسید قوی‌تر باشد، به عبارت دیگر واکنش تفکیک آن بهتر انجام شود (واکنش رفت) اسید ناپایدارتر بوده و سریع‌تر تبدیل به باز مزدوج خود می‌شود و باز مزدوج پایداری بیشتری خواهد داشت.

۵۱۸- باز پایدارتر، بازی است که چگالی بار منفی روی آن کم بوده و تمایل کمی به جذب H^+ از خود نشان می‌دهد و هرچه این تمایل کمتر باشد (جذب H^+) باز پایدارتری خواهیم داشت.

۵۱۹- برای نامگذاری باز مزدوج یک اسید آلی (الکانوئیک اسید)، پسوند (وییک اسید) را از نام اسید آلی حذف کرده و به جای آن پسوند (آت) اضافه می‌نماییم.

$$H-COOH \xrightarrow{-H^+} H-COO^- \rightarrow NaHCOO \;,\; CH_3COOH \xrightarrow{-H^+} CH_3COO^- \rightarrow KCH_3COO$$

متانوئیک اسید (فرمیک اسید)	متانوات (فرمات)	سدیم متانوات (سدیم فرمات)	اتانوئیک اسید (استیک اسید)	اتانوات (استات)	پتاسیم اتانوات (پتاسیم استات)

۵۲۰- همانند اسیدها، قدرت یک باز به میزان تفکیک یونی یا یونش آنها در آب بستگی دارد. عناصر گروه IA و IIA (از خود کلسیم و به پایین‌تر) بازهایی قوی تولید می‌کنند. زیرا بر اثر انحلال مقدار کافی یون هیدروکسید در محلول آزاد می‌کنند.

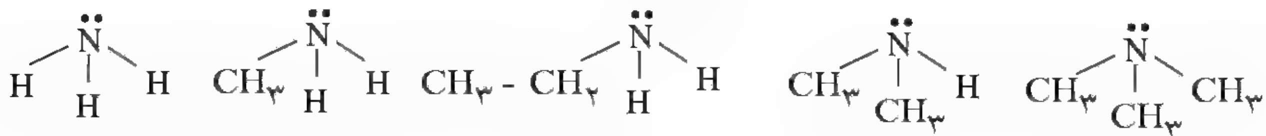
۵۲۱- محلول آبی آمونیاک و همه بازهای آلی (مانند آمین‌ها) که به مقدار کمی در آب تفکیک می‌شوند از جمله بازهای ضعیف به شمار می‌آیند و طی یک واکنش تعادلی با آب، کمی یون هیدروکسید تولید می‌کنند.

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

باز — اسید — اسید مزدوج — باز مزدوج

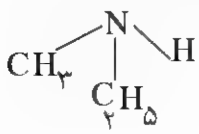
۵۲۲- همانند اسیدها که دارای ثابت یونش اسیدی (K_a) هستند، بازها ثابت یونش بازی (K_b) دارند. هرچه K_b بزرگ‌تر باشد (PK_b کوچک‌تر) باز قوی‌تر و هرچه K_b کوچک‌تر باشد (PK_b بزرگ‌تر) باز ضعیف‌تر خواهد بود و در محلول آبی کمتر یونش می‌یابد.

۵۲۳- آمین‌ها ترکیب‌های آلی با خواص بازی هستند که از جایگزین کردن هیدروژن‌های آمونیاک با گروه آلکیل ساخته می‌شوند. اگر به جای یک هیدروژن آمونیاک یک گروه الکیل جانشین شود، آمین حاصل را آمین نوع اول می‌گویند و اگر به جای دو هیدروژن آمونیاک دو گروه آلکیل و یا به جای سه هیدروژن آمونیاک سه گروه آلکیل جایگزین شوند به ترتیب آمین‌های نوع دوم و آمین‌های نوع سوم حاصل می‌شوند.



آمونیاک — متیل آمین، آمین نوع اول — اتیل آمین، آمین نوع اول — دی متیل آمین، آمین نوع دوم — تری متیل آمین، آمین نوع سوم

۵۲۴- در گذشته برای نامگذاری آمین‌ها، نام آلکیل را آورده و به آن لفظ آمین را اضافه می‌کردند و اگر دو یا سه گروه آلکیل مشابه به نیتروژن متصل می‌شد از پیشوندهای دی یا تری استفاده می‌کردند. اگر گروه‌های متصل به نیتروژن یکسان نبودند نام آنها را طبق حروف الفبا انگلیسی می‌آوردند. مانند اتیل متیل آمین



۵۲۵- آمین‌های کوچک به علت تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب به خوبی در آب حل می‌شوند ولی با افزایش تعداد کربن‌ها از حلالیت آنها کاسته می‌شود.

۵۲۶- آمین‌ها به علت وجود جفت الکترون ناپیوندی روی اتم نیتروژن می‌توانند H^+ را جذب کنند و از خود خاصیت بازی نشان دهند. در اثر واکنش یک آمین با آب و پذیرفتن H^+، آمین به یون آلکیل آمونیم تبدیل شده و کمی یون هیدروکسید در آب آزاد می‌شود.

$$CH_۳CH_۲NH_{۲(aq)} + H_۲O_{(l)} \rightleftharpoons CH_۳CH_۲NH^+_{۳(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

اتیل آمین (باز) — اسید — اسید مزدوج (اتیل آمونیم) — باز مزدوج

۵۲۷- اگر به آمونیاک گروه آلکیل متصل شود باعث افزایش خاصیت بازی آن نسبت به آمونیاک می‌شود. معمولا با افزایش بیشتر گروه‌های آلکیل خاصیت بازی آمین افزایش بیشتری می‌یابد.

۵۲۸- آمین‌های بزرگ که در آب نامحلول هستند، در اثر ترکیب شدن با اسیدها و تبدیل به نمک، حلالیت بیشتری پیدا می‌کنند. این ویژگی باعث می‌شود که اکثر داروهای آمینی به صورت محلول نمک آن مصرف شوند.

۵۲۹- می‌دانیم در محلول‌های بازی غلظت OH^- از H^+ بیشتر است. برای به دست آوردن PH محلول‌های بازی ابتدا غلظت OH^- را حساب می‌کنیم و با توجه به رابطه K_W مقدار H^+ را محاسبه کرده و بعد PH محلول را به دست می‌آوردیم. برای محلول بازهای یک ظرفیتی می‌توانیم از روابط زیر در پرسش‌های چهار گزینه‌ای استفاده کنیم.

$[OH^-] = M.\alpha$, $[OH^-] = ۱۰^{-POH}$, $PH + POH = ۱۴$

در این روابط M غلظت مولی باز و α درجه تفکیک یونی باز می‌باشد.

۵۳۰- بر اثر انحلال بعضی از نمک‌ها در آب خالص PH محلول تغییر کرده کمتر یا بیشتر از هفت می‌شود. در صورتی که انحلال برخی نمک‌ها در آب PH آب خالص را تغییر نمی‌دهد. آبکافت (هیدرولیز) واکنشی است که یک نمک با آب انجام می‌دهد و باعث ایجاد خصلت اسیدی یا بازی در محلول می‌شود.

۵۳۱- هنگامی که مقداری سدیم فلوئورید در آب می‌ریزیم. در ابتدا به صورت فیزیکی حل شده به یون‌های فلوئورید (F^-) و یون سدیم (Na^+) تبدیل می‌شود. در مرحله بعد این یون‌ها با یون‌های OH^-, $H_۳O^+$ موجود در محلول (حاصل از تفکیک آب) برخورد می‌کنند. Na^+ که اسید بسیار ضعیفی است و کاملا پایدار، هیچ تمایلی برای ترکیب شدن با OH^- ندارد زیرا در صورت ترکیب، NaOH باز بسیار قوی را باید تولید کند که پایدار نیست. اما F^- که باز مزدوج قوی است و ناپایدار، با H^+ موجود در آب واکنش داده و HF ضعیف را تولید می‌کند که نسبت به F^- پایدارتر است. در نتیجه در اثر این واکنش H^+ محلول مصرف می‌شود ولی OH^- محلول مصرف نشده و $[OH^-] > [H^+]$ می‌شود و محلول خاصیت بازی پیدا می‌کند.

$NaF_{(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$

$H_۲O_{(l)} \rightleftharpoons OH^- + H^+$

$(Na^+$ و $OH^-) + HF_{(aq)}$

۵۳۲- آنیون‌های حاصل از اسیدهای قوی (مثل Br^- یا $ClO_۴^-$) و همچنین کاتیون‌های حاصل از بازهای قوی (مثل Na^+ , $Ca^{۲+}$) در آب آبکافت (هیدرولیز) نمی‌شوند زیرا در اثر واکنش باید تبدیل به اسیدهای قوی و بازهای قوی بشوند که پایدار نیستند.

۵۳۳- هرچه اسیدها ضعیف‌تر باشند (K_a آنها کوچک‌تر باشد) یون‌های منفی حاصل از آنها شدیدتر آبکافت شده و محیط قلیایی‌تری ایجاد می‌کنند. یون منفی اگر آبکافت شود، حتما محیط قلیایی ایجاد می‌کند.

۵۳۴- یون مثبت اگر آبکافت شود حتما محیط اسیدی ایجاد می‌کند و هرچه بازی که یون مثبت را تولید کرده ضعیف‌تر باشد (K_b آن کوچک‌تر باشد) شدیدتر آبکافت می‌شود و محیط اسیدی‌تری ایجاد می‌کند.

۵۳۵- اگر در مورد ترکیبی K_a و یا K_b معلوم نبود، هرچه چگالی بار یونی بیشتر باشد، شدت آبکافت (هیدرولیز) آن یون بیشتر خواهد بود. مثلا بین F^- ,Cl^-، شدت آبکافت F^- شدیدتر است زیرا حجم کوچک‌تری داشته و بار منفی آن قوی‌تر بوده و H^+ حاصل از آب را به سمت خود کشیده و OH^- در محلول آزاد می‌کند و باعث ایجاد محیط قلیایی می‌شود.

۵۳۶- آنیون‌های حاصل از اسیدهای چند پروتونی مثل ($HSO_۳^-$ یا $SO_۳^{۲-}$) هرچه دارای بار منفی بیشتری باشند، چگالی بار آنها بیشتر شده و شدیدتر با مولکول‌های آب وارد واکنش می‌شوند و H^+ آب را بهتر مصرف کرده و محیط قلیایی‌تری ایجاد می‌کنند.

۵۳۷- محلولی که شامل یک اسید ضعیف و نمک آن و یا یک باز ضعیف و نمک آن باشد، محلول بافر یا محافظ نامیده می‌شود. این گونه محلول‌ها هم خنثی‌کننده اسید و هم خنثی‌کننده باز می‌باشند. به عبارت دیگر محلول‌های بافر در اثر افزایش اندکی محلول اسیدی و یا محلول بازی در مقابل تغییرات PH از خود مقاومت نشان می‌دهند.

۵۳۸- مثلا در محلولی شامل استیک اسید و سدیم استات، سدیم استات به یون‌های سازنده‌اش تفکیک می‌شود و استیک اسید چون اسید ضعیفی است، تعادل زیر را ایجاد می‌کند. حال اگر کمی اسید به این تعادل اضافه شود، غلظت H^+ در تعادل زیاد شده و طبق اصل لوشاتلیه تعادل به سمت چپ جابجا شده و H^+ اضافه شده با یون $CH_۳COO^-$ ترکیب شده و به مولکول‌های تفکیک نشده $CH_۳COOH$ تبدیل می‌شود و از تغییر PH جلوگیری می‌کند. حال اگر به محلول فوق مثلا NaOH اضافه کنیم، یون‌های OH^- با H^+ ترکیب شده و آب تولید می‌کند. در نتیجه تعادل به سمت راست جابجا می‌شود و با تفکیک $CH_۳COOH$، یون‌های مصرف شده H^+ تعدیل می‌شوند.

$$NaCH_۳COO_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + CH_۳COO^-_{(aq)}$$

$$CH_۳COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_۳COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

۵۳۹- به حداکثر اسید یا بازی که می‌توان تا پیش از مشاهده یک تغییر شدید در PH به یک بافر اضافه کرد ظرفیت بافر می‌گویند و هر بافری ظرفیت معین و مشخصی دارد.

۵۴۰- در محلول بافر شامل $NH_۴Cl_{(aq)}$, $NH_{۳(aq)}$ آمونیم کلرید به طور کامل به یون‌های سازنده‌اش تفکیک می‌شود، ولی آمونیاک که یک باز ضعیف است، تعادل زیر را در محلول ایجاد می‌کند. حال اگر به محلول کمی یون $OH^-_{(aq)}$ اضافه کنیم، تعادل ذکر شده به هم خورده و طبق اصل لوشاتلیه، برای تعدیل OH^- به سمت چپ جابجا می‌شود و به این ترتیب با مصرف OH^- از افزایش PH محلول جلوگیری می‌کند. حال اگر به محلول کمی محلول اسید اضافه شود (یون $H_۳O^+$) با OH^- ترکیب شده و تبدیل به آب می‌گردد. با کاهش OH^- در محلول طبق اصل لوشاتلیه و برای تعدیل OH^-، تعادل به سمت راست جابجا می‌شود تا OH^- کاهش یافته را تعدیل کرده و با تعدیل OH^-، از کاهش PH محلول جلوگیری می‌شود.

$$NH_۴Cl_{(aq)} \rightarrow NH^+_{۴(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$NH_{۳(aq)} + H_۲O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{۴(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

۵۴۱- خون انسان به یک سامانه بافری مجهز است و PH آن تغییر چندانی نمی‌کند به طوری که پنج لیتر خون انسان حداکثر می‌تواند افزایش ۱۵۰ میلی‌لیتر محلول یک مولار هیدروکلریک اسید را بپذیرد.

۵۴۲- برای محاسبه PH محلول بافر یک اسید و نمک آن با نوشتن رابطه ثابت تعادل برای تعادل اسید و گرفتن لگاریتم از طرفین و جابجایی عبارت‌ها، به رابطه‌ای برای محاسبه PH یک محلول بافر شامل اسید ضعیف و نمک آن می‌رسیم:

$$HA_{(aq)} + H_۲O_{(l)} \rightleftharpoons H_۳O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

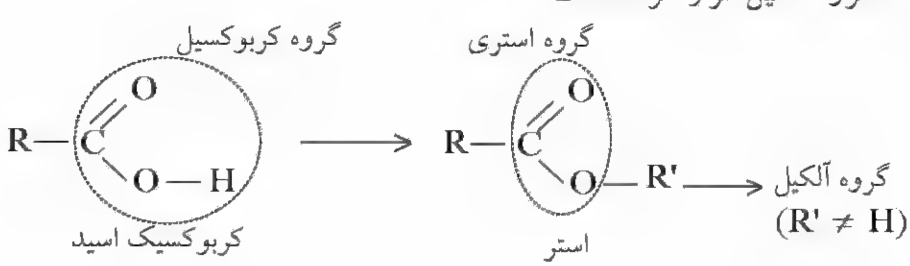
$$K_a - \frac{[H_۳O^+]\,[A^-]}{[HA]} \rightarrow K - [H_۳O^+] \times \frac{[A^-]}{[HA]} \; \frac{\text{از طرفین}}{\text{لگاریتم می گیریم}}$$

$$Log\ K_a - Log\ [H_۳O^+] + Log\ \frac{[A^-]}{HA} \xrightarrow{\text{جابجایی}}$$

$$- Log\ [H_۳O^+] = \rightarrow - Log\ K_a + Log\ \frac{[A^-]}{[HA]} \rightarrow PH = PK_a + Log\ \frac{[A^-]}{[HA]}$$

که در این رابطه $[A^-]$ غلظت آنیون حاصل از نمک اسید و [HA] غلظت اسید ضعیف می‌باشد.

۵۴۳- استرها یکی از مهم‌ترین مشتق‌های اسیدهای کربوکسیلیک هستند که ساختاری شبیه به اسیدها دارند و فقط به جای هیدروژن متصل به اکسیژن (O - H) یک گروه آلکیل قرار گرفته است.



۵۴۴- نامگذاری استرها مانند نامگذاری نمک حاصل از اسیدها می‌باشد. برای این منظور از نام اسید پسوند (وییک اسید) را حذف کرده به جای آن پسوند (ات) را اضافه می‌کنیم.

$$HCOOH \rightarrow HCOONa \rightarrow HCOOCH_3 \quad \text{یا} \quad HCOOC_2H_5$$

فرمیک اسید	سدیم فرمات (نمک)	متیل فرمات (استر)	اتیل فرمات (استر)
متانوئیک اسید	سدیم متانوات	متیل متانوات	اتیل متانوات

$$CH_3-C(=O)-OH \rightarrow CH_3-C(=O)-ONa \rightarrow CH_3-C(=O)-O-CH_3 \quad \text{یا} \quad CH_3-C(=O)-O-C_2H_5$$

استیک اسید	سدیم استات (نمک)	متیل استات (استر)	اتیل استات (استر)
اتانوئیک اسید	سدیم اتانوات	متیل اتانوات	اتیل اتانوات

۵۴۵- استرهای سبک (تعداد کم اتم‌های کربن) بوی مطبوعی دارند و به علت تشکیل پیوند هیدروژنی خوب در آب حل می‌شوند. ولی با افزایش تعداد کربن‌ها حلالیت آنها در آب کم شده و نقاط ذوب و جوش آنها افزایش می‌یابد.

۵۴۶- استرها طی یک واکنش تعادلی و بسیار آهسته از واکنش کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌ها به دست می‌آیند. برای سرعت بخشیدن به این واکنش اندکی سولفوریک اسید به عنوان کاتالیزگر استفاده می‌شود. واکنش رفت را واکنش استری شدن و واکنش برگشت را واکنش آبکافت استر (هیدرولیز) می‌نامند.

$$\underset{\text{اتانوئیک اسید}}{CH_3-C(=O)-OH} + \underset{\text{متانول}}{CH_3OH} \xrightleftharpoons{H_2SO_4,\ \Delta} \underset{\text{متیل اتانوات}}{CH_3-C(=O)-O-CH_3} + \underset{\text{آب}}{H_2O}$$

۵۴۷- استرها در واکنش با آب، آبکافت (هیدرولیز) شده و به اسید و الکل سازنده خود تبدیل می‌شوند. حضور اندکی کاتالیزگر اسیدی باعث سریع‌تر شدن واکنش‌های رفت و برگشت شده و تعادل مربوطه سریع‌تر برقرار می‌شود.

$$\underset{\text{استر}}{R-C(=O)-O-R'} + \underset{\text{آب}}{H_2O} \xrightleftharpoons{H^+_{(aq)}} \underset{\text{کربوکسیلیک اسید}}{R-C(=O)-O-H} + \underset{\text{الکل}}{R'OH}$$

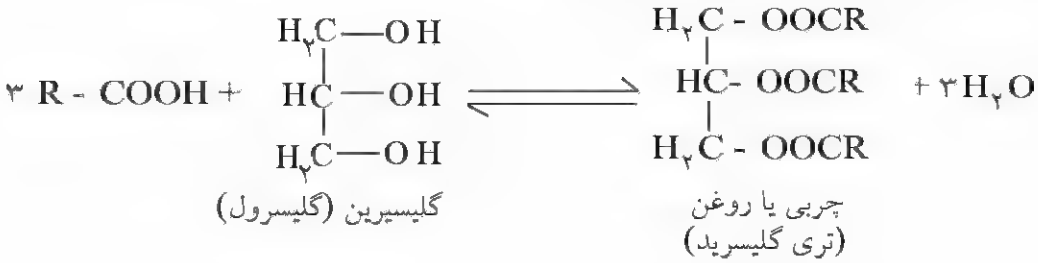
۵۴۸- استرها در محیط قلیایی نیز آبکافت (هیدرولیز) می‌شوند با این تفاوت که واکنش آنها دیگر برگشت‌پذیر نبوده و یک طرفه خواهد بود. زیرا طی واکنش کربوکسیلیک اسید حاصل با باز ترکیب شده و نمک تولید می‌کند که نمک حاصل از برگشت واکنش جلوگیری می‌کند.

$$\underset{\text{استر}}{RCOOR'} + \underset{\text{آب}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{اسید}}{RCOOH} + \underset{\text{الکل}}{R'OH}$$

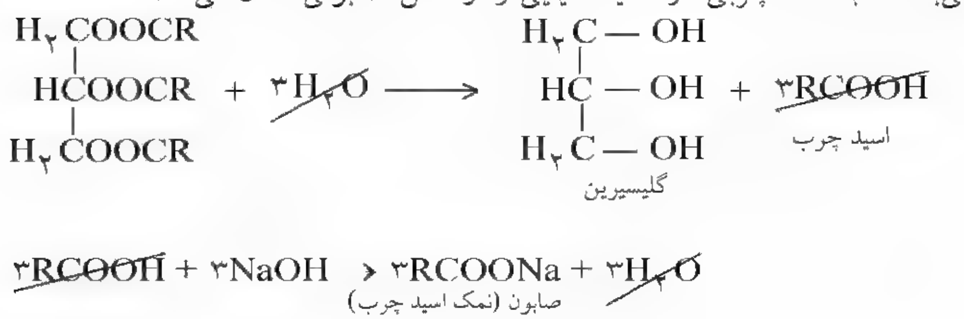
$$RCOOH + NaOH \rightarrow RCOONa + H_2O$$

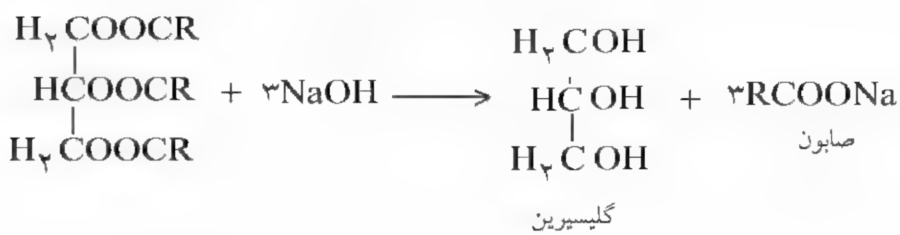
$$RCOOR' + NaOH \rightarrow RCOONa + R'OH$$

۵۴۹- اسید چرب، اسیدی است که تعداد کربن‌های آن از شش کربن بیشتر بوده و در آب حل نمی‌شود. حال اگر اسید چرب با یک الکل خاص که گلیسیرین نام دارد (یک الکل سه عاملی) واکنش استری شدن را انجام دهد، به استر حاصل چربی یا روغن (تری‌گلیسیرید) می‌گویند.
تفاوت چربی با روغن در حالت فیزیکی آنهاست. روغن‌ها در دمای اتاق مایع و چربی‌ها جامدند. اگر یک چربی یا روغن با آب هیدرولیز شود به اسید چرب و گلیسیرین تبدیل می‌شود.



۵۵۰- اگر استر اسید چرب (روغن یا چربی) در محیط قلیایی آبکافت شود، به گلیسیرین و نمک اسید چرب تبدیل می‌شود، که نمک اسید چرب همان صابون می‌باشد. آبکافت چربی در محیط قلیایی را واکنش صابونی شدن می‌نامند.





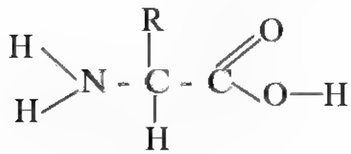
۵۵۱- صابون‌ها به طور عمده نمک‌های سدیم اسیدهای چرب هستند. این اسیدهای چرب می‌توانند سیر شده (مانند استئاریک اسید) یا سیر نشده (اولئیک اسید) باشند که عموما بین ۱۴ تا ۱۸ اتم کربن دارند.

$CH_3(CH_2)_{16}COOH$ (استئاریک اسید)

$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$ (اولئیک اسید)

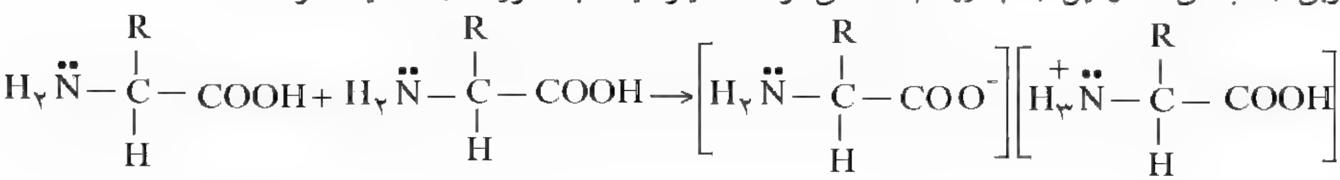
۵۵۲- آمینو اسیدها ترکیب‌های آلی هستند که واحدهای سازنده پلیمرهای طبیعی مهمی به نام پروتئین‌ها به حساب می‌آیند. این ترکیب‌ها که دارای یک گروه اسیدی ($-COOH$) و یک گروه بازی ($-NH_2$) هستند. آمفوتر شمرده می‌شوند و می‌توانند با بازها و اسیدها وارد واکنش شوند.

۵۵۳- آلفا - آمینواسید به آمینواسیدهایی گفته می‌شود که گروه آمین ($-NH_2$) روی همان کربنی قرار دارد که گروه کربوکسیل ($-COOH$) قرار دارد. با تغییر گروه کربنی (R) آمینواسیدهای مختلفی ایجاد می‌شوند.
در گلی سین (آمینو اتانوئیک اسید) گروه R یک اتم هیدروژن می‌باشد.



فرمول عمومی آمینواسیدها

۵۵۴- هنگامی که چند آمینواسید در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند با یکدیگر تبادل پروتون می‌کنند و این امر باعث می‌شود که قسمت اسیدی به آنیون و قسمت بازی به کاتیون تبدیل شوند. این یون‌های مثبت و منفی یون ناهمنام مجاور را به خوبی جذب می‌کند و این جاذبه زیاد باعث می‌شود که آمینواسیدها به صورت جامد دیده شوند.



و یا به طور کلی به صورت $H_3N^+-\overset{R}{\overset{|}{C}}-COO^-$ دیده شوند. همین امر و همچنین تشکیل پیوند هیدروژنی باعث می‌شود که آمینواسیدها به خوبی در آب حل شوند و در حلال‌های ناقطبی و یا با قطبیت کم حل نشوند.

۵۵۵- سنجش حجمی اسید و باز روشی برای اندازه‌گیری حجم اسید و باز لازم برای خنثی شدن در هنگام ترکیب با یکدیگر است.

۵۵۶- برای یک سنجش حجمی اسید و باز به یک محلول استاندارد که غلظت آن معلوم است نیاز داریم که این محلول درون بورت ریخته می‌شود. محلول استاندارد می‌تواند یک اسید یا باز باشد. محلول مجهول درون ارلن یا بشر ریخته می‌شود و به آن چند قطره شناساگر مناسب، برای تعیین نقطه پایانی، اضافه می‌شود.

۵۵۷- با باز کردن شیر بورت به آرامی محلول استاندارد به محلول مجهول اضافه می‌شود تا زمانی که با تغییر رنگ شناساگر نقطه پایانی آشکار شود. با تغییر رنگ معروف شیر بورت را بسته و حجم محلول استاندارد مصرف شده را از روی بورت مشخص می‌کنیم. حجم محلول مجهول که در ارلن ریخته شده نیز مشخص است و با استفاده از رابطه $n_1M_1v_1 = n_2M_2v_2$ غلظت مولار محلول مجهول را به دست می‌آوریم.

۵۵۸- نقطه پایانی یک سنجش حجمی اسید و باز، حجمی از محلول استاندارد است که برای خنثی شدن کامل محلول مجهول مصرف می‌شود. این حجم به طور تجربی و در آزمایشگاه و از روی تغییر رنگ شناساگر تعیین می‌شود.

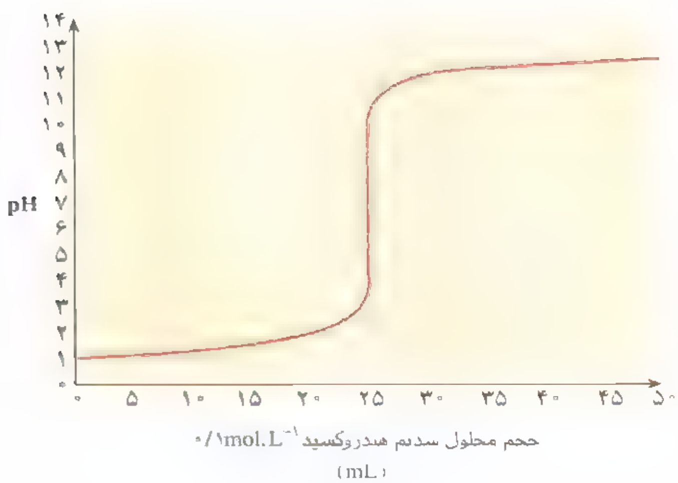
۵۵۹- در روش‌های دقیق‌تر منحنی تغییرات PH را در سنجش حجمی رسم می‌کنند. نقطه هم ارزی نقطه‌ای است که کاملا اسید و باز یکدیگر را خنثی کرده و PH محلول برابر هفت می‌شود. نقطه هم‌ارزی فقط در محاسبات قابل بررسی می‌باشد و دسترسی عملی به آن بسیار مشکل است.

۵۶۰- تغییرات PH در اطراف نقطه هم‌ارزی بسیار شدید است و این امر باعث می‌شود که عملا برای رسیدن به این نقطه و کنترل PH محلول، حجم بسیار کمی از محلول استاندارد (مثلا یک دهم یک قطره) به محلول مجهول درون ارلن اضافه شود که این کار عملا ممکن نیست.

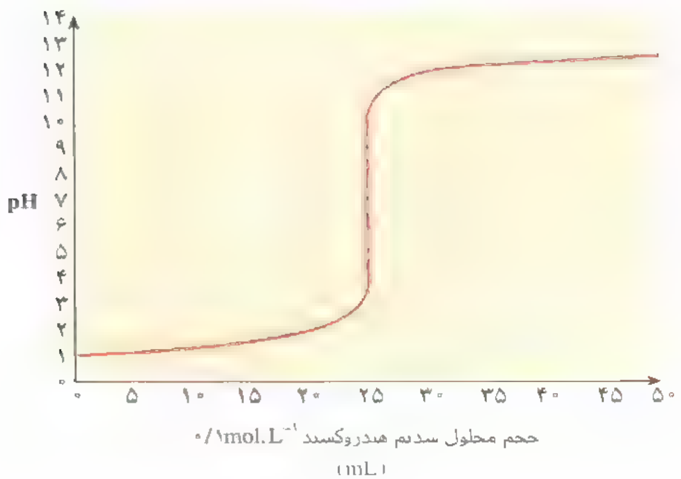
۵۶۱- دلیل دیگری که باعث می‌شود در عمل به نقطه هم‌ارزی نرسیم و فقط بتوانیم نقطه پایانی را مشخص کنیم، محدوده تغییر رنگ شناساگرها است. مثلا فنول فتالئین در PH های میان ۸/۰ تا ۹/۶ از خود تغییر رنگ نشان می‌دهد که این محدوده بعد از نقطه هم‌ارزی قرار دارد و این امر باعث ایجاد خطا می‌شود.

۵۶۲- هرچه محدوده تغییر رنگ معرف بازه کمتری را شامل می‌شود و این محدوده به PH هفت نزدیک‌تر باشد، معرف مناسب‌تری برای سنجش حجمی اسید و باز خواهیم داشت زیرا هرچه این محدوده به $PH = ۷$ نزدیک‌تر باشد، خطای کمتری ایجاد می‌کند.

۵۶۳- با توجه به نمودار دیده می‌شود که در شروع سنجش حجمی تغییرات PH به آرامی صورت می‌گیرد، زیرا مقدار اسید موجود در ارلن زیاد بوده و حجم باز اضافه شده (قطره قطره) نسبت به آن کم می‌باشد و هر قطره میزان کمی از اسید را خنثی می‌کند و در نتیجه تغییرات PH محلول درون ارلن به آرامی صورت می‌گیرد ولی با گذشت زمان و خنثی شدن اسید، به مرحله‌ای می‌رسیم که یک قطره محلول باز اضافه شده نسبت به اسید موجود در ارلن، مقدار زیادی باز همراه دارد که این امر باعث تغییر شدید PH می‌شود.



۵۶۴- با توجه به نمودار دیده می‌شود که بعد از $PH = ۷$ تغییرات PH شدید است. زیرا محلول درون ارلن خنثی بوده و یک قطره باز اضافه شده نسبت به محلول موجود باز زیادی همراه دارد، در نتیجه PH محلول ارلن زیاد تغییر می‌کند. با ادامه کار و زیاد شدن غلظت باز محلول درون ارلن، یک قطره باز اضافه شده، مقدار کمی غلظت محلول درون ارلن را تغییر می‌دهد و در نتیجه PH محلول به آرامی تغییر می‌کند.



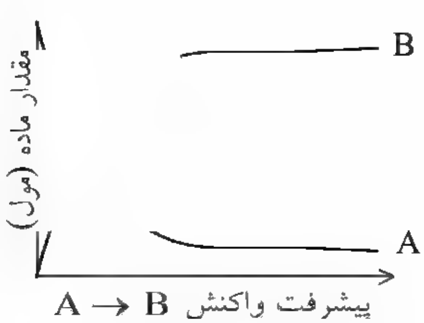
۵۶۵- سینتیک شیمیایی شاخه‌ای از علم شیمی است که درباره شرایط و چگونگی وقوع انواع واکنش‌های شیمیایی، ساختار و ویژگی‌های گونه یا گونه‌هایی که در هر مرحله از واکنش تولید یا مصرف می‌شوند. به بحث می‌پردازد. و در واقع با آگاهی از عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌ها، آن را کنترل می‌کند.

۵۶۶- سینتیک شیمیایی و ترمودینامیک مکمل یک‌دیگر هستند. ترمودینامیک با تعیین سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها و تغییر آنتروپی امکان وقوع واکنش را بررسی می‌کند، در حالی که سینتیک درباره چگونگی تبدیل آن‌ها به یک‌دیگر و شرایط بهینه برای انجام شدن واکنش‌ها گفت وگو می‌کند.

۵۶۷- ترمودینامیک خود به خودی یا غیر خود به خودی بودن واکنش را بررسی می‌کند و سینتیک سریع و یا آهسته بودن آن را و خود به خودی بودن واکنش هیچ اطلاعاتی راجع به سرعت آن به ما نمی‌دهد.

۵۶۸- سرعت واکنش کمیتی تجربی است و با اندازه‌گیری سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و یا سرعت تولید فرآورده‌ها معین می‌شود.

۵۶۹- پیشرفت یک واکنش به معنای آن است که چه مقدار از واکنش دهنده‌ها به فرآورده تبدیل می‌شود. هرچه واکنشی بیشتر انجام شود (پیشرفت کند) از مقدار ماده اولیه کاسته شده و بر مقدار فرآورده‌ها افزوده می‌شود.



۵۷۰- سرعت متوسط مصرف و یا تشکیل یک ماده عبارت است از تغییرات تعداد مول‌های آن ماده تقسیم بر زمان وقوع تغییر.

۵۷۱- برای واکنش فرضی $A \rightarrow B$ داریم:

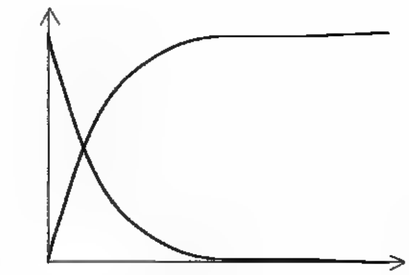
$$\text{سرعت متوسط مصرف A} = \frac{-\Delta nA}{\Delta t} \qquad \text{و} \qquad \text{سرعت تولید B} = \frac{\Delta nB}{\Delta t}$$

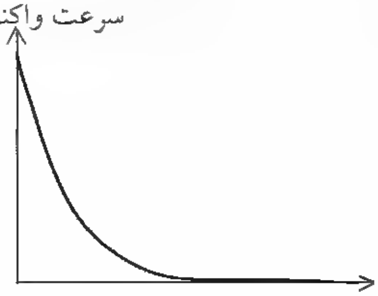
از آنجا که سرعت کمیتی مثبت است با قرار دادن علامت منفی در کنار این رابطه ضمن تأکید بر مصرف A و در واقع کاهش تعداد مول‌های آن، عدد محاسبه شده نیز مثبت به دست خواهد آمد. زیرا $\Delta n = n_۲ - n_۱$ و در این رابطه داریم $n_۲ < n_۱$

۵۷۲- سرعت تولید یا مصرف مواد در یک واکنش با ضرایب استوکیومتری آن‌ها متناسب است. به عبارت دیگر ترکیبی که دارای بیشترین ضریب در واکنش است سرعت مصرف یا تولید بیشتری نسبت به مواد دیگر دارد. مثلاً در واکنش $N_۲ + ۳H_۲ \rightarrow ۲NH_۳$ سرعت مصرف $N_۲$ کم‌ترین و سرعت مصرف $H_۲$ سه برابر ان است. و نیز سرعت تولید $NH_۳$ دو برابر سرعت مصرف $N_۲$ است.

۵۷۳- در یک واکنش کامل (یا یک‌طرفه) نمودار پیشرفت واکنش (یا غلظت - زمان) برای واکنش‌دهنده‌ها نزولی و برای فرآورده‌ها صعودی خواهد بود:

در این نمودار مقدار ماده مصرفی در زمان t به صفر می‌رسد.

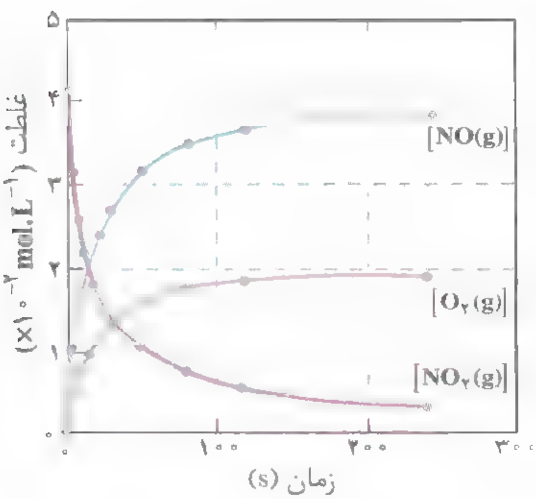




نمودار سرعت - زمان برای واکنش‌های کامل (یک‌طرفه) به صورت روبه‌رو خواهد بود. همانطور که دیده می‌شود. در لحظه‌های شروع واکنش به علت زیاد بودن غلظت واکنش‌دهنده‌ها، سرعت دارای بیشترین مقدار است و با مصرف مواد اولیه و اتمام آن سرعت واکنش به صفر می‌رسد.

۵۷۴- با تقسیم سرعت متوسط تشکیل یا مصرف یک ماده شرکت کننده در واکنش بر ضریب استوکیومتری آن در معادله موازنه شده، سرعت واکنش به دست می‌آید. ویژگی سرعت واکنش این است که برای همه مواد موجود در واکنش برابر است.

۵۷۵- با توجه به نمودار هرچه ضریب استوکیومتری ترکیبی بیشتر باشد شیب نمودار بیشتر بوده و سرعت مصرف یا تولید آن نیز بیشتر خواهد بود. دیده می‌شود که سرعت مصرف NO_2 با سرعت تولید NO برابر است (شیب نمودارها یکسان است) ولی سرعت تولید NO دو برابر سرعت تولید O_2 است. (شیب نمودار NO بیشتر از نمودار O_2 است.)



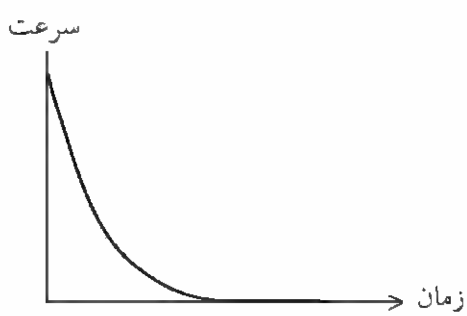
۵۷۶- به طور کلی برای واکنش فرضی $aA + bB \rightarrow cC + dD$ رابطه سرعت واکنش به صورت زیر است:

$$\text{سرعت واکنش} = -\frac{1}{a}\frac{\Delta nA}{\Delta t} = -\frac{1}{b}\frac{\Delta nB}{\Delta t} = +\frac{1}{c}\frac{\Delta nC}{\Delta t} = +\frac{1}{d}\frac{\Delta nD}{\Delta t}$$

و یا

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{\overline{R}A}{a} = \frac{\overline{R}B}{b} = \frac{\overline{R}C}{c} = \frac{\overline{R}D}{d}$$

۵۷۷- اگر در واکنش فرضی $A + B \rightarrow C$ ، B یک واکنش دهنده محدود کننده باشد (زودتر تمام شود.) با تمام شدن B واکنش نیز متوقف شده و نمودار سرعت - زمان برای آن به صورت روبه‌رو خواهد بود. با این‌که هنوز مقداری A باقی مانده ولی دیگر واکنشی انجام نمی‌شود و در نتیجه C نیز تولید نخواهد شد.



۵۷۸- بیشتر واکنش‌ها در آغاز که غلظت واکنش دهنده‌ها زیاد است، سریع هستند ولی با گذشت زمان و مصرف واکنش دهنده‌ها سرعت آن‌ها به صفر می‌رسد. این‌گونه واکنش‌ها کامل (یک‌طرفه) هستند. شمار اندکی از واکنش‌های شیمیایی نیز وجود دارند که در سرتاسر فرآیند با سرعت ثابتی پیشرفت می‌کنند. واکنش‌هایی هم وجود دارند که سرعت آن‌ها پس از مدتی نه به صفر بلکه به مقدار ثابتی می‌رسد که واکنش‌های تعادلی نامیده می‌شوند.

۵۷۹- عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی عبارتند از:
۱- طبیعت وکنش‌دهنده‌ها ۲- حالت فیزیکی ۳- غلظت (فشار) ۴- دما ۵- کاتالیزگر

۵۸۰- از عوامل مؤثر بر سرعت واکنش، طبیعت واکنش دهنده‌ها اگر چه به عنوان یک متغیر برای بهبود سرعت واکنش‌ها مطرح نیست ولی از چهار عامل دیگر مهم‌تر است.

۵۸۱- اگر واکنش‌دهنده‌ها در یک فاز قرار داشته باشند، مثلاً همگی گاز و یا محلول در آب باشند واکنش با سرعت بیش‌تری انجام می‌شود. ولی واکنش‌هایی که دارای دو فاز مختلف باشند مثلاً گاز - مایع و یا گاز - جامد سرعت کمی خواهند داشت.

۵۸۲- واکنش‌هایی که در فاز جامد انجام می‌شوند سرعت کمی دارند و با خرد کردن ماده جامد و افزایش سطح تماس می‌توان سرعت این نوع واکنش‌ها را افزایش داد. زیرا در این صورت مواد واکنش دهنده با یک‌دیگر برخورد و برخورد مؤثر بیشتری خواهند داشت و در نتیجه سریع‌تر محصول ایجاد می‌شود.

۵۸۳- به طور کلی افزایش غلظت مواد واکنش‌دهنده باعث افزایش سرعت واکنش‌ها می‌شود. زیرا در اثر افزایش غلظت مواد واکنش‌دهنده، تعداد ذرات در واحد حجم افزایش یافته و تعداد برخوردها و برخوردهای مؤثر ذرات واکنش‌دهنده افزایش یافته و سرعت واکنش زیاد می‌شود.

۵۸۴- در واکنش‌هایی که حداقل یکی از مواد اولیه به صورت گاز باشد، افزایش فشار باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود. زیرا با افزایش فشار و کاهش حجم، تعداد ذرات در واحد حجم زیاد شده و سرعت واکنش زیاد می‌شود. بدیهی است که کاهش فشار اثر عکس دارد.

۵۸۵- برای واکنشی به معادله $aA + bB \rightarrow cC + dD$ می‌توان رابطه قانون سرعت را به صورت سرعت واکنش $= k[A]^m . [B]^n$ ، نوشت. در این رابطه m و n به ترتیب مرتبه واکنش را نسبت به واکنش‌دهنده‌های A و B و مجموع انها $(m + n)$ مرتبه واکنش را مشخص می‌کند.

۵۸۶- m و n و k مقادیری تجربی هستند و از طریق آزمایش به دست می‌آیند. m و n می‌توانند مقادیری درست یا اعشاری و حتی صفر نیز داشته باشند. اگر مقدار m (یا n) صفر باشد، سرعت مستقل از غلظت آن واکنش دهنده است به عبارت دیگر تغییرات غلظت آن ماده روی سرعت واکنش اثری ندارد.

۵۸۷- واکنش بنیادی واکنشی است یک مرحله‌ای که طی آن فراورده از برخورد مستقیم واکنش‌دهنده‌ها به دست می‌آید. در این گونه واکنش‌ها ضریب استوکیومتری هر واکنش‌دهنده مرتبه‌ی واکنش نسبت به آن را مشخص می‌کند. معمولاً یک واکنش کلی، از چند واکنش بنیادی تشکیل می‌شود. از این رو مرتبه‌ی واکنش‌های چند مرحله‌ای را باید به طور تجربی اندازه‌گیری کرد.

۵۸۸- افزایش دما، باعث افزایش سرعت واکنش‌های گرماگیر و گرماده می‌شود. زیرا با افزایش دما، جنبش و تحرک ذرات بیشتر شده و احتمال برخوردها و برخوردهای مؤثر بیشتر شده و در نتیجه سرعت واکنش زیاد می‌شود.

۵۸۹- با بیان نظریه حالت‌گذار، افزایش دما تعداد مولکول‌هایی را که در واحد زمان به پیچیده فعال و سپس به فراورده تبدیل می‌شوند، را افزایش می‌دهد.

۵۹۰- توجه داشته باشیم که افزایش یا کاهش دما تأثیری روی انرژی فعال‌سازی واکنش ندارد و تنها انرژی ذرات واکنش‌دهنده را برای رسیدن به پیچیده‌ی فعال تغییر می‌دهد.

۵۹۱- در سینتیک شیمیایی دو نظریه اساسی وجود دارد که واکنش‌ها را در سطح مولکولی بررسی می‌کند و اساس هر دو نظریه برخورد بین ذره‌های واکنش‌دهنده است. الف) نظریه‌ی برخورد ب) نظریه‌ی حالت گذار

۵۹۲- طبق نظریه برخورد یک واکنش شیمیایی هنگامی روی می‌دهد که بین ذره‌های واکنش‌دهنده برخوردی مؤثر صورت بگیرد. برخورد مؤثر دارای سه ویژگی زیر است:

۱- تعداد برخوردها

۲- جهت‌گیری مناسب ذره‌ها هنگام برخورد

۳- انرژی مناسب ذره‌ها هنگام برخورد

۵۹۳- طبق نظریه برخورد سرعت واکنش به تعداد برخوردهای ذره‌های واکنش‌دهنده (در واحد حجم و در واحد زمان) بستگی دارد.

۵۹۴- برای تولید فراورده باید ذره‌های واکنش‌دهنده در جهت مناسبی که باعث تشکیل محصول می‌شوند با یک‌دیگر برخورد نمایند. و هر برخوردی منجر به انجام واکنش (برخورد مؤثر) نمی‌شود.

۵۹۵- در واکنش‌های شیمیایی تعداد اندکی از برخوردها که جهت‌گیری مناسبی نیز دارند، دارای حداقل انرژی لازم برای انجام واکنش هستند. این مقدار انرژی، حداقل مقدار لازم برای شروع یک واکنش شیمیایی است و به نام انرژی فعال‌سازی معروف است.

۵۹۶- انرژی فعال‌سازی به طور عمده صرف سست کردن و شکستن پیوندهای مواد واکنش‌دهنده شده و آن‌ها را آماده‌ی تبدیل شدن به فرآورده می‌کند.

۵۹۷- نظریه‌ی برخورد دارای نارسایی‌هایی است که برخی از آن‌ها عبارتند از:

۱- نظریه‌ی برخورد برای واکنش‌های ساده در فاز گاز به کار می‌رود.

۲- ذره‌های واکنش‌دهنده به صورت گوی‌هایی سخت در نظر گرفته می‌شوند که برخورد کشسانی دارند.

۳- در نظریه‌ی برخورد، فقط حرکت‌های انتقالی ذره‌های واکنش‌دهنده در نظر گرفته می‌شود.

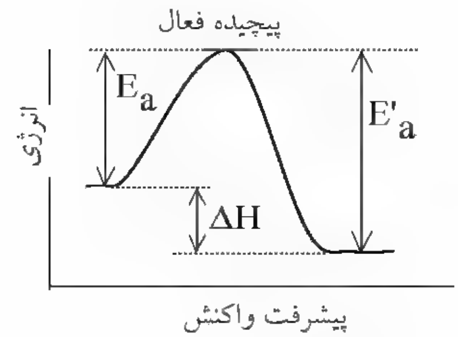
۴- در این نظریه فقط می‌توان گفت که انرژی فعال‌سازی وجود دارد ولی نمی‌توان مقدار آن را محاسبه کرد.

۵۹۸- در نظریه حالت گذار که کامل‌تر از نظریه‌ی برخورد شده است، علاوه بر واکنش‌های گازی، واکنش‌های فاز محلول نیز بررسی می‌شوند.

۵۹۹- طبق این نظریه هنگام برخورد واکنش‌دهنده‌ها، مدت زمانی در کنار یک‌دیگر قرار می‌گیرند و پیوندهای اولیه آن‌ها تا حدودی سست شده و تشکیل پیوندهای تازه شروع می‌شود. در این لحظه واکنش‌دهنده‌ها به حالت‌گذار یا پیچیده‌ی فعال رسیده‌اند.

۶۰۰- پیچیده‌ی فعال گونه‌ای است که سطح انرژی آن از فراورده‌ها و مواد اولیه (چه واکنش گرماده و یا گرماگیر) بالاتر بوده و به همین علت ناپایدار است و طول عمر کمی دارد. و بعد از تشکیل می‌تواند به فراورده تبدیل شده و یا دوباره به حالت اول (مواد اولیه) باز می‌گردد.

۶۰۱- E_a انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و E'_a انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت را نشان می‌دهد. ΔH واکنش مقدار انرژی آزاد شده (و یا جذب شده) در اثر انجام واکنش را نشان می‌دهد و از رابطه $\Delta H = E_a - E'_a$ به دست می‌آید.



۶۰۲- اگر $E_a < E'_a$ باشد واکنش گرماگیر و ΔH واکنش مثبت خواهد بود و اگر $E_a > E'_a$ واکنش گرماده و ΔH واکنش منفی خواهد بود.

۶۰۳- هرچه انرژی فعال‌سازی واکنشی کمتر باشد سرعت آن واکنش بیشتر خواهد بود. زیرا مولکول‌ها با انرژی کمتری به پیچیده فعال تبدیل شده و آماده تبدیل شدن به فرآورده می‌شوند.

۶۰۴- در نظریه حالت‌گذار انرژی فعال‌سازی مقدار انرژی لازم برای تشکیل یک مول پیچیده فعال از مواد واکنش‌دهنده تعریف می‌شود.

۶۰۵- بررسی جزء به جزء مراحل انجام شدن یک واکنش یا بررسی فرآیند انجام شده در مقیاس میکروسکوپی سازوکار واکنش نامیده می‌شود.

۶۰۶- معادله کلی واکنش از جمع کردن معادله مراحل تشکیل دهنده سازوکار (واکنش‌های بنیادی) به دست می‌آید. و برای هر مرحله یک حالت‌گذار و یا پیچیده فعال وجود دارد.

۶۰۷- در واکنش‌های چند مرحله‌ای، مرحله‌ای که بیش‌ترین انرژی فعال‌سازی را داشته باشد، آهسته‌ترین مرحله بوده و سرعت واکنش را در کنترل خود دارد. و به ان مرحله تعیین کننده سرعت واکنش می‌گویند. زیرا در این قسمت برای این‌که مواد اولیه به پیچیده فعال تبدیل شوند به انرژی بیشتر احتیاج دارند و تأمین این انرژی به آسانی انجام نمی‌شود.

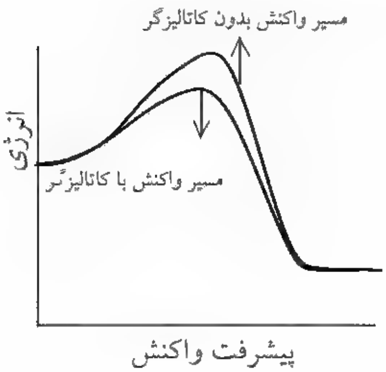
۶۰۸- گونه‌ای که در یک مرحله از واکنش تولید می‌شود و در مرحله (یا مراحل) بعد مصرف می‌شود ذره حدواسط نامیده می‌شود. (مانند H_2O_2)

۱) $2NO(g) + H_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O_2(g)$

۲) $H_2O_2(g) + H_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$

۶۰۹- کاتالیزگر ماده‌ای است که سرعت واکنش‌های شیمیایی را افزایش می‌دهد ولی در واکنش مصرف نمی‌شود.

۶۱۰- کاتالیزگر با کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش، باعث می‌شود که پیچیده فعال آسان‌تر و با انرژی کمتری تشکیل شده و غلظت آن افزایش یابد ولی کاتالیزگر هیچ تاثیری روی ΔH واکنش ندارد و تغییری در آن ایجاد نمی‌کند.



۶۱۱- اگر در واکنش چند مرحله‌ای. گونه‌ای در مواد اولیه مرحله اول دیده شود و همان‌گونه در فرآورده مرحله آخر نیز دیده شود، آن ترکیب نقش کاتالیزگر واکنش را داشته است.

۶۱۲- واکنشی که در آن کاتالیزگر و واکنش دهنده‌ها در یک فاز قرار داشته باشند، واکنش کاتالیز شده همگن نامیده می‌شود. ولی اگر کاتالیزگر با یکی از مواد اولیه هم‌فاز نباشد، آن واکنش کاتالیز شده ناهمگن نامیده می‌شود.

$H_2O_2(aq) \xrightarrow{Fe^{2+}(aq)}$ واکنش کاتالیز شده همگن

$C_2H_4(g) + H_2(g) \xrightarrow{Ni(s)}$ واکنش کاتالیز شده ناهمگن

۶۱۳- جذب سطحی در سطح جامدها به دو صورت فیزیکی و شیمیایی انجام می‌شود. در جذب فیزیکی ماده جذب شوند با سطح جاذب هیچ‌گونه پیوند شیمیایی تشکیل نمی‌دهد و تنها جاذبه‌هایی از نوع وان‌دروالسی مشاهده می‌شود. در صورتی که در جذب شیمیایی ماده جذب شونده با سطح جاذب پیوند شیمیایی تشکیل می‌دهد. آشکار است جذب شیمیایی قوی‌تر از جذب فیزیکی است.

۶۱۴- رادیکال‌ها گونه‌هایی یک یا چند اتمی هستند که دارای یک یا چند الکترون جفت نشده‌اند و اتم مورد نظر در آنها به آرایش هشت‌تایی پایدار نرسیده است. مثل رادیکال متیل $CH_3^{\bullet}$ و یا رادیکال اتیل $CH_3 - CH_2^{\bullet}$

۶۱۵- دما و کاتالیزگر هر دو سرعت واکنش‌های شیمیایی را افزایش می‌دهند ولی در واکنش‌های صنعتی ترجیح می‌دهند که از کاتالیزگر استفاده کنند. زیرا:

۱- افزایش دما با مصرف انرژی همراه است و اقتصادی نیست.

۲- بسیاری از مواد نسبت به گرما حساس هستند و به سادگی در اثر گرما تجزیه می‌شوند.

۶۱۶- واکنش‌های شیمیایی به دو دسته ۱ - واکنش‌های برگشت‌ناپذیر (یکطرفه) و ۲ - واکنش‌های برگشت‌پذیر تقسیم می‌شوند.

۶۱۷- واکنش‌های برگشت‌ناپذیر فقط در یک جهت انجام می‌شوند و در این گونه واکنش‌ها معمولا دو عامل حداقل انرژی و حداکثر بی‌نظمی در سمت مواد فرآورده دیده می‌شوند. مانند واکنش منیزیم با محلول هیدروکلریک اسید که واکنشی گرماده (حداقل انرژی) و همراه با افزایش بی‌نظمی است.

$$Mg_{(s)} + ۲HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{۲(aq)} + H_{۲(g)} + Q$$

۶۱۸- در واکنش‌های برگشت‌پذیر معمولاً عامل انرژی حداقل و عامل بی‌نظمی حداکثر، رودرروی یک‌دیگر قرار می‌گیرند. در حالت معمولی، واکنش در یک طرف انجام می‌شود ولی در صورت فراهم شدن شرایط لازم، واکنش می‌تواند در جهت عکس هم انجام شود. مانند تبخیر آب که واکنشی گرماگیر است. $H_۲O_{(l)} + Q \rightarrow H_۲O_{(g)}$ ولی اگر شرایط فراهم شود واکنش در جهت عکس هم می‌تواند انجام شود. $H_۲O_{(g)} \rightarrow H_۲O_{(l)} + Q$

۶۱۹- در واکنش تجزیه ذکر شده $CoCl_۲ . ۶H_۲O_{(s)} + Q \rightarrow CoCl_{۲(s)} + ۶H_۲O_{(g)}$ کبالت (II) کلرید شش آبه در اثر حرارت به کبالت (II) کلرید بدون آب تبدیل شده و آب موجود در آن بخار می‌شود. ولی اگر کبالت (II) کلرید بدون آب در محیط مرطوب قرار بگیرید دوباره شش مولکول آب جذب کرده و دوباره به رنگ صورتی درمی‌آید. به عبارت دیگر اگر شرایط فراهم شود، این واکنش تجزیه می‌تواند در جهت عکس هم انجام شود.

۶۲۰- برای برقراری حالت تعادل در یک واکنش برگشت‌پذیر :

الف) سیستم (محل انجام واکنش) ایزوله (بسته) باشد. یعنی با محیط اطراف تبادل ماده و انرژی نداشته باشد.

ب) سرعت واکنش‌های رفت و برگشت برابر باشد.

دقت شود که سرعت واکنش‌های رفت و برگشت باید برابر باشد و نه سرعت متوسط واکنش‌ها.

۶۲۱- تعادل می‌تواند در یک فرآیند فیزیکی برقرار شود که در این حالت تعادل فیزیکی نامیده می‌شود مانند $H_۲O_{(l)} \rightleftharpoons H_۲O_{(g)}$ و اگر تعادل در یک فرآیند شیمیایی برقرار شود، تعادل شیمیایی نامیده می‌شود. مانند

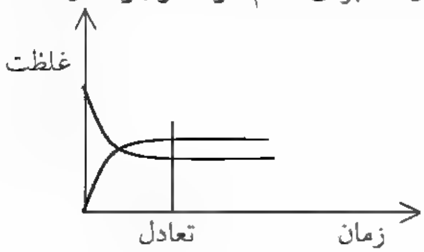
$$SO_{۲(g)} + O_{۲(g)} \rightleftharpoons ۲SO_{۳(g)}$$

۶۲۲- در یک فرآیند تعادلی دائماً واکنش‌های رفت و برگشت انجام می‌شوند و در هیچ لحظه‌ای متوقف نمی‌شوند. به عبارت دیگر تعادل پویا است و به طور مداوم ذرات به یک‌دیگر تبدیل می‌شوند.

۶۲۳- اگر یک فرآیندی به حالت تعادل برسد. غلظت هیچ ماده‌ای در آن به صفر نمی‌رسد. زیرا دائماً آن ماده در حال مصرف و تولید شدن است. به عبارت دیگر در حالت میکروسکوپی واکنش‌ها در هر لحظه انجام می‌شوند ولی در حالت ماکروسکوپی تغییری دیده نمی‌شود. زیرا غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها ثابت می‌شود و دیگر مقدار آن‌ها کم و زیاد نمی‌شود.

۶۲۴- در یک فرآیند تعادلی ضرایب استوکیومتری مواد اولیه و واکنش‌دهنده‌ها، مقدار موجود آن‌ها در تعادل را نشان نمی‌دهد و فقط نسبت تبدیل شدن آن‌ها به یک‌دیگر را مشخص می‌کند و از روی ضرایب استوکیومتری مواد نمی‌توان به مقدار موجود آنها پی برد.

۶۲۵- از روی نمودار یک فرآیند تعادلی می‌توان زمان وقوع تعادل را مشخص کرد. در حالتی که شیب نمودار تمام می‌شود و تبدیل به یک خط راست می‌شوند، زمان برقراری تعادل فرارسیده است و این زمان برای تمام مواد موجود در تعادل یکسان است.



۶۲۶- به طور کلی برای واکنشی به معادله $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ می‌توان رابطه عبارت ثابت تعادل واکنش را به صورت روبرو نوشت: $\text{مقداری ثابت} = \frac{[C]^c\ [D]^d}{[A]^a\ [B]^b}$

۶۲۷- مقدار عددی حاصل از جایگزین کردن غلظت‌های تعادلی در این عبارت ثابت تعادل واکنش خوانده می‌شود و از مشخصه‌های یک سیستم تعادلی می‌باشد. مثلاً برای سیستم تعادلی زیر داریم:

$$2H_2O_{(g)} + 2\ Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 4\ HCl_{(g)} + O_2\ (g) \qquad K = \frac{[HCl]^4\ [O_2]}{[H_2O]^2\ [Cl_2]^2}$$

۶۲۸- ثابت تعادل K می‌تواند دارای یکا باشد و یا نباشد. این مطلب بستگی به توان کروشه‌های صورت و مخرج عبارت ثابت تعادل دارد. اگر توان کروشه‌های صورت و مخرج برابر باشد K دارای یکا نخواهد بود و در غیر این صورت K دارای یکا خواهد بود.

۶۲۹- در نوشتن عبارت ثابت تعادل، از نوشتن مواد جامد و یا مایع خالص خودداری می‌کنیم. البته حضور آن‌ها برای برقراری تعادل الزامی است. مثلاً:

$$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \rightleftharpoons F_3O_{4\ (s)} + 4\ H_{2(g)} \qquad K = \frac{[H_2]^4}{[H_2O]^4}$$

۶۳۰- غلظت یک ماده جامد یا مایع خالص، از تقسیم چگالی بر جرم مولی آن به دست می‌آید. چگالی ماده جامد یا مایع خالص در هر دمای معینی ثابت است. از این رو، غلظت چنین ماده‌ای بدون توجه به مقدار آن ثابت خواهد بود.

۶۳۱- اگر واکنشی عکس شود، K جدید نیز عکس K قبلی خواهد بود:

$$A \rightleftharpoons B \qquad K = \frac{[B]}{[A]} \;,\; B \rightleftharpoons A \qquad K' = \frac{۱}{K}$$

و اگر واکنشی در عدد n ضرب شود، K جدید (K') برای واکنش عبارت خواهد بود:

$$A \rightleftharpoons B \qquad K = \frac{[B]}{[A]} \;,\; nA \rightleftharpoons nB \qquad K' = \frac{[B]^n}{[A]^n} = K^n$$

۶۳۲- اگر در یک تعادل همه مواد شرکت‌کننده در تعادل، در یک فاز باشند، تعادل همگن و اگر مواد شرکت‌کننده در تعادل در فازهای متفاوتی قرار داشته باشند، تعادل ناهمگن خوانده می‌شوند. مثلا تعادل ذکر شده یک تعادل سه‌فازی است که دارای دو فاز جامد و یک فاز گاز می‌باشد. $CaCO_{۳(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{۲(g)}$

۶۳۳- با قرار دادن غلظت‌های تعادلی در عبارت ثابت تعادل، می‌توان K را به دست آورد. غلظت‌های تعادلی به مقادیری می‌گویند که هر یک از گونه‌های موجود، در لحظه برقراری تعادل، دارا می‌باشند. به مقدار غلظت یک گونه در هنگامی که سیستم به تعادل نرسیده، غلظت تعادلی نمی‌گویند و در رابطه K قرار داده نمی‌شود.

۶۳۴- دقت شود که در رابطه K فقط غلظت مولی (مولاریته) گونه‌های شرکت‌کننده در تعادل مهم هستند و در رابطه قرار داده می‌شوند و در حالت‌هایی که مقادیر داده شده بر حسب مول بر لیتر سنجیده نشده باشند باید به مول بر لیتر تبدیل شوند. به طور مثال در ظرفی به حجم یک لیتر مقادیر ۲/۴ مول گاز $PCl_۳$ و ۵/۴ مول گاز $Cl_۲$ را وارد می‌کنیم تا تعادل گازی زیر برقرار شود. اگر در حالت تعادل غلظت گاز کلر به ۵ مول $PCl_{۳(g)} + Cl_{۲(g)} \rightleftharpoons PCl_{۵(g)}$ رسیده باشد، ثابت تعادل واکنش را در شرایط ذکر شده به دست آورید.

برای حل مسئله جدولی به صورت روبرو رسم می‌کنیم و غلظت‌های جدید و به وجود آمده هر یک از گونه‌های موجود در تعادل را در آن می‌نویسیم.

غلظت اولیه	۲/۴	۵/۴	۰
تغییر غلظت	؟	۰/۴ -	؟
غلظت تعادلی	؟	۵	؟

با توجه به معادله واکنش داده شده و ضرایب استوکیومتری هر یک از گونه‌های موجود در تعادل مقادیر مجهول را به دست می‌آوریم. با توجه به معادله واکنش هر مولکول $Cl_۲$ با یک مولکول $PCl_۳$ واکنش می‌دهد. پس ۰/۴ مول کلر نیز با ۰/۴ مول $PCl_۳$ واکنش داده و ۰/۴ مول $PCl_۵$ تولید می‌شود و در نتیجه جدول بالا به صورت روبرو درمی‌آید و با قرار دادن مقادیر در رابطه قانون تعادل، K را حساب می‌کنیم:

	$PCl_۳$	$Cl_۲$	$PCl_۵$
غلظت اولیه	۲/۴	۵/۴	۰
تغییر غلظت	۰/۴ -	۰/۴ -	۰/۴ +
غلظت تعادل	۲	۵	۰/۴

$$K = \frac{[PCl_۵]}{[PCl_۳]\;[Cl_۲]} = \frac{۰/۴}{۲ \times ۵} = ۰/۰۴\ \frac{L}{mol}$$

۶۳۵- ممکن است در مسائلی K، ثابت تعادل واکنش داده شده باشد و از ما غلظت تعادلی ترکیبی را خواسته باشند. به طور مثال اگر در شرایطی معین از دما مقدار یک مول گاز $NO_۲$ و یک مول گاز CO را در ظرفی به حجم یک لیتر واکنش دهد تا تعادل روبه‌رو برقرار شود.

$$NO_{۲(g)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons NO_{(g)} + CO_{۲(g)} \quad K = ۴$$

غلظت‌های تعادلی همه گونه‌های شرکت کننده در تعادل را حساب کنید.

در ابتدا مقدار $CO_۲$, NO صفر است. پس از $NO_۲$, CO کاسته شده و به NO , $CO_۲$ اضافه می‌شود. چون ضرایب استوکیومتری همه گونه‌ها برابر یک است پس میزان مصرف و تولید هر یک از مواد واکنش‌دهنده و فرآورده‌ها یکسان است.

	$NO_۲$	CO	NO	$CO_۲$
غلظت اولیه	۱	۱	۰	۰
تغییر غلظت	- x	- x	+ x	+ x
غلظت تعادلی	۱ - x	۱ - x	x	x

$$K = \frac{[NO]\ [CO_۲]}{[NO_۲]\ [CO]} \rightleftharpoons \frac{x\ .\ x}{(۱ - x)\ (۱ - x)} = ۴$$

$$\frac{x}{۱ - x} = ۲ \rightarrow x = \frac{۲}{۳}$$

$$[NO_۲] = [CO] = ۱ - \frac{۲}{۳} = \frac{۱}{۳}\ ,\ [NO] = [CO_۲] = \frac{۲}{۳}$$

۶۳۶- در یک واکنش و یا یک سامانه تعادلی ضرایب استوکیومتری به هیچ عنوان مقدار مواد واکنش‌دهنده و یا فرآورده را برای ما مشخص نمی‌کنند. بلکه تنها نسبت تبدیل شدن مواد را برای ما بیان می‌کنند. مثلا در سامانه تعادلی ضریب دو $۲H_{۲\ (g)} + O_{۲\ (g)} \rightleftharpoons ۲H_۲O_{(g)}$ برای هیدروژن نمی‌گوید که ما دو مول هیدروژن در واکنش داریم. ما می‌توانیم هر مقدار دل‌خواه ۱۰۰ مول، ۱۰ مول و یا دو مول هیدروژن در ظرف واکنش وارد کنیم. ولی صرف‌نظر از مقدار هیدروژن، مشخص است به ازای مصرف دو مول $H_۲$، ۱ مول $O_۲$ نیز مصرف شده و دو مول آب تولید می‌شود.

۶۳۷- مقدار عددی ثابت تعادل امکان پیشگویی درباره جهت انجام شدن واکنش‌های رفت و برگشت در سیستم‌های تعادلی، قبل از اینکه سیستم به تعادل برسد، را به ما می‌دهد.

۶۳۸- اگر K واکنشی عددی بزرگ باشد، معنای آن این است که اگر مواد اولیه را با یک‌دیگر مخلوط کنیم، تا قبل از رسیدن سیستم به تعادل واکنش رفت به خوبی انجام می‌شود به طوری که در لحظه برقراری تعادل مقدار کمی از مواد اولیه وجود دارند و اکثر آنها به فرآورده تبدیل شده‌اند. مانند واکنش زیر که اگر مواد اولیه را با یک‌دیگر مخلوط کنیم، ابتدا واکنش رفت به خوبی انجام

$$۲SO_{۲\ (g)} + O_{۲(g)} \rightleftharpoons ۲SO_{۳\ (g)} \qquad K = ۸۱۰\ \frac{L}{mol}$$

می‌شود و زمانی که سیستم به تعادل می‌رسد مقدار کمی از مواد اولیه در ظرف انجام واکنش وجود خواهد داشت. اگر مقدار عددی ثابت تعادل واکنشی بسیار بزرگ باشد آن واکنش تا کامل شدن و یا مرز کامل شدن پیش می‌رود.

۶۳۹- اگر مقدار عددی K برای واکنشی بسیار کوچک باشد، می‌توانیم بگوییم آن واکنش در دمای معمولی پیشرفتی نخواهد داشت و فرآورده‌ها کم تولید می‌شوند.

۶۴۰- ثابت تعادل واکنش تجزیه سنگ آهک در دمای $25^{\circ}C$ برابر $7/80 \times 10^{-25}$ مول بر لیتر است. این عدد مشخص می‌کند که در دمای $25^{\circ}C$ واکنش رفت در حدی بسیار ناچیز انجام می‌شود.

$CaCO_{3\,(s)} \rightarrow$ واکنش انجام نمی شود

به طوری که می‌توان گفت در دمای $25^{\circ}C$ واکنش پیشرفتی ندارد و به مقدار زیادی به صورت $CaCO_3$ باقی می‌ماند و به CO_2 , CaO بسیار کم تبدیل می‌شود.

۶۴۱- بر این نکته تاکید می‌شود، هنگامی می‌توان از عبارت ثابت تعادل استفاده کرد که واکنش برگشت‌پذیر به تعادل رسیده باشد و تنها داشتن مقدار عددی K الزامی برای انجام شدن واکنش ایجاد نمی‌کند. مثلا در دمای $25^{\circ}C$،

$$2H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(g)} \qquad K = 2/9 \times 10^{81}\ \frac{L}{mol}$$

ثابت تعادل واکنش هیدروژن و اکسیژن عددی بسیار بزرگ است و از نظر ترمودینامیکی واکنش شرایط خوبی دارد. اما چون انرژی فعال‌سازی واکنش زیاد است، سرعت واکنش به قدری آهسته است که هرگز در دمای $25^{\circ}C$ به تعادل نمی‌رسد و از نظر سینتیکی شرایط مساعد نیست.

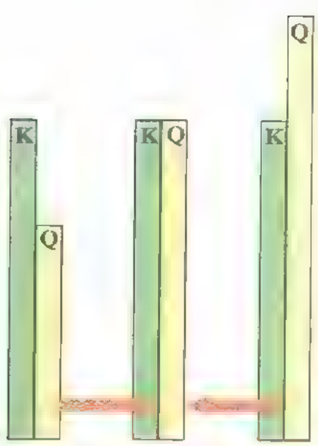
۶۴۲- ثابت تعادل یک واکنش هیچ اطلاعاتی درباره سرعت واکنش و زمان رسیدن سیستم به تعادل را به ما نمی‌دهد و برعکس. به عبارت دیگر سرعت زیاد یک واکنش دلیلی بر داشتن ثابت تعادل بزرگ نیست.

۶۴۳- خارج قسمت واکنش، معیاری برای تعیین جهت پیشرفت واکنش است و برای ما مشخص می‌کند که سیستم مورد نظر در حالت تعادل است یا نه و اگر واکنش مورد نظر به تعادل نرسیده است، واکنش رفت یا برگشت باید انجام شود تا سیستم به تعادل برسد.

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

$$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^d}$$

۶۴۴- اگر برای واکنشی داشته باشیم $Q < K$، تعادل در صورتی برقرار می‌شود که واکنش رفت در مقایسه با واکنش برگشت به میزان بیشتری روی دهد تا سرانجام $Q = K$ شود و اگر برای واکنشی $Q>K$ باشد، برای برقراری تعادل واکنش برگشت در مقایسه با واکنش رفت بیشتر انجام می‌شود و سرانجام اگر $K = Q$ باشد، سیستم در حالت تعادل است و سرعت واکنش‌های رفت و برگشت برابر است.



۶۴۵- برای اینکه یک واکنش بازدهی بالایی داشته باشد، علاوه بر زیاد بودن ثابت تعادل واکنش، باید سرعت واکنش نیز زیاد باشد تا در زمان معقول، محصول زیادی تولید شود.

۶۴۶- می‌دانیم برای برقراری تعادل لازم است سرعت واکنش‌های رفت و برگشت با هم برابر باشند و از فصل سینتیک شیمیایی به خاطر داریم عواملی مانند ماهیت مواد، غلظت (فشار)، دما، کاتالیزگر و حالت فیزیکی مواد می‌توانند سرعت واکنش‌ها را به هم بزنند. از عوامل ذکر شده تنها دما، غلظت (فشار) می‌توانند باعث به هم خوردن وضعیت تعادل شوند.

۶۴۷- طبق اصل لوشاتلیه هرگاه بر یک سیستم در حال تعادل تغییری تحمیل شود، سیستم در جهتی تغییر می‌کند که تغییر تحمیلی را تا حد ممکن تعدیل کند.

۶۴۸- افزایش غلظت یک گونه در یک تعادل شیمیایی باعث می‌شود سرعت واکنشی که آن گونه در آن شرکت دارد زیاد شود و باعث به هم خوردن حالت تعادل شود. مثلا اگر در سیستم تعادلی زیر، مقدار گاز کلر را زیاد کنیم $H_2{}_{(g)} + Cl_2{}_{(g)} \rightleftharpoons 2\,HCl_{(g)}$ طبق اصل لوشاتلیه برای این‌که تغییر تحمیلی، تعدیل شود، سرعت واکنش رفت زیاد شده و گاز هیدروژن بیشتری با گاز کلر ترکیب شده و مقدار گاز HCl زیاد می‌شود. این تغییر باعث مصرف شدن Cl_2 و H_2 و کاهش سرعت واکنش رفت شده و از طرف دیگر با افزایش HCl واکنش برگشت سریع‌تر انجام می‌شود و دوباره زمانی فرا می‌رسد که سرعت واکنش‌های رفت و برگشت برابر می‌شود و تعادل جدیدی برقرار می‌شود. در تعادل جدید H_2 از مقدار اولیه کم‌تر و HCl از مقدار اولیه بیش‌تر و مقدار گاز کلر تعدیل شده است.

۶۴۹- با دقت بیش‌تر متوجه می‌شویم افزایش غلظت یک ماده در سیستم تعادلی باعث می‌شود که K تبدیل به Q شود و سیستم از حالت تعادل خارج شود. حال اگر $Q<K$ باشد سرعت واکنش رفت و اگر $Q>K$ باشد سرعت واکنش برگشت بیش‌تر می‌شود.

۶۵۰- بدیهی است تغییرات غلظت روی ثابت تعادل (K) اثری ندارد. زیرا تغییرات غلظت روی یک سیستم تعادلی باعث می‌شود که K تبدیل به Q شود و آن‌قدر سیستم تعادلی دچار تغییر می‌شود که دوباره $Q = K$ شود و دوباره سیستم به حالت تعادل جدیدی برسد.

۶۵۱- تغییرات فشار در واکنش‌هایی که حداقل یک گونه گازی شکل در آن حضور داشته باشد، اثر دارد و واکنش‌هایی که تمام مواد موجود در آن به صورت مایع و یا جامد باشند تحت تاثیر این عامل قرار نمی‌گیرند.

۶۵۲- تغییرات فشار در سیستم‌های تعادلی که یک گونه گازی شکل در آن‌ها وجود داشته و تعداد مول مواد گازی موجود در دو طرف در آن‌ها برابر نباشد، اثر دارد و باعث به هم خوردن حالت تعادل و تبدیل K به Q می‌شود.

۶۵۳- افزایش فشار باعث می‌شود که سیستم تعادلی به سمتی برود که در کل تعداد ذرات گازی موجود در سیستم کاهش یابند و با کاهش تعداد ذرات گازی، فشار درون سیستم تعادلی کاهش یافته و اثر تغییر تحمیلی تعدیل شود. پس افزایش فشار سیستم گازی را به سمت مول کم‌تر پیش می‌برد.

۶۵۴- کاهش فشار سیستم گازی را به سمت تولید بیش‌تر ذرات گازی پیش می‌برد. زیرا با زیاد شدن ذرات گازی، فشار افزایش یافته و تغییر تحمیلی تعدیل می‌شود. مثلا در تعادل گازی، چون تعداد مول گازی دو طرف برابر نیست. $N_2O_4\,_{(g)} \rightleftarrows 2\,NO_2\,_{(g)}$ کاهش فشار (افزایش حجم) سیستم تعادلی را به سمت راست پیش می‌برد. یعنی سرعت واکنش یک بیش‌تر شده، از N_2O_4 کاسته می‌شود و به تعداد NO_2 اضافه می‌گردد. این اعمال تا زمانی صورت می‌گیرد که یک تعادل جدید در سیستم برقرار شده و دوباره سرعت واکنش‌های رفت و برگشت با هم برابر شوند.

۶۵۵- افزایش و یا کاهش فشار در سیستم‌هایی که مول گازی دو طرف واکنش با هم برابرند تنها باعث تغییر سرعت واکنش‌های رفت و برگشت می‌شود و تاثیری در جابه‌جایی تعادل ندارد. مثلاً در سیستم زیر چه فشار بالا باشد و چه فشار پایین غلظت‌های تعادلی تغییری نمی‌کند. ولی اگر مثلاً فشار بالا باشد سرعت واکنش‌های ۱ و ۲ بیش‌تر خواهد بود و سیستم زودتر به حالت تعادل می‌رسد.

$$CO_{(g)} + NO_2\,_{(g)} \rightleftarrows CO_2\,_{(g)} + NO_{(g)}$$

۶۵۶- افزایش و یا کاهش فشار اثری بر K ندارد. زیرا تغییرات فشار روی سیستم تعادلی باعث می‌شود که K تبدیل به Q شده و آن‌قدر واکنش‌های ۱ و ۲ انجام می‌شوند تا $K = Q$ شود و یک تعادل جدید در سیستم برقرار شود.

۶۵۷- دقت شود که افزایش فشار (کاهش حجم) سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت را زیاد و کاهش فشار نیز سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت را کم می‌کند ولی روی سرعت یکی از واکنش‌های رفت یا برگشت اثر بیش‌تری می‌گذارد و آن را بیش‌تر تغییر می‌دهد.

۶۵۸- دما نیز از عواملی است که باعث به هم خوردن حالت تعادل و تغییر سرعت واکنش‌های رفت و برگشت می‌شود. برای بررسی درست عامل دما، اولین نکته‌ای که باید به آن پی ببریم این است که واکنش رفت گرماگیر است یا گرماده و اگر وضعیت واکنش رفت بر ما معلوم شد، واکنش برگشت هم معلوم می‌شود. زیرا عکس واکنش رفت است.

۶۵۹- هرگاه در یک سیستم تعادلی دما را افزایش دهیم، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که گرما را جذب کند. به عبارت دیگر افزایش دما به نفع واکنش گرماگیر بوده و باعث می‌شود که سرعت واکنش گرماگیر بیش‌تر شود که این امر خود باعث به هم خوردن حالت تعادل می‌شود.

۶۶۰- کاهش دما تعادل را در جهتی جابه‌جا می‌کند که گرما آزاد شود. به عبارت دیگر کاهش دما به نفع واکنش گرماده است و باعث می‌شود که سرعت آن بیش‌تر شود. مثلاً اگر دمای سیستم تعادلی $\frac{1}{2} N_2\,_{(g)} + \frac{1}{2} O_2\,_{(g)} \rightleftarrows NO_{(g)} \quad \Delta H = +90/4\ kg$ را افزایش دهیم، چون واکنش رفت گرماگیر است، سرعت بیش‌تری پیدا کرده و تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود و از مقدار N_2 , O_2 کاسته شده و مقدار NO افزایش می‌یابد.

۶۶۱- دما تنها عاملی است که علاوه بر برهم زدن حالت تعادل باعث می‌شود که K ثابت تعادل واکنش نیز تغییر کند. زیرا دما باعث می‌شود که ثابت سرعت واکنش‌های رفت و برگشت تغییر کرده و در نتیجه ثابت تعادل واکنش نیز تغییر کند.

۶۶۲- افزایش دما ثابت تعادل واکنش‌های گرماگیر را افزایش می‌دهد. زیرا با افزایش دما واکنش رفت بیشتر انجام شده و محصول بیش‌تر تولید می‌شود. در نتیجه در رابطه قانون تعادل صورت کسر بزرگ‌تر شده و K نیز افزایش می‌یابد.

۶۶۳- کاهش دما، ثابت تعادل واکنش‌های گرماده را افزایش می‌دهد. مثلاً در تعادل $A \rightleftharpoons B + Q$ کاهش دما باعث جابجا شدن تعادل به سمت راست شده و مقدار B افزایش می‌یابد و در نتیجه در رابطه قانون تعادل صورت کسر بزرگ‌تر شده و K نیز افزایش می‌یابد.

۶۶۴- کاتالیزگرها از طریق کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش باعث افزایش سرعت واکنش می‌شوند. در یک سیستم تعادلی کاتالیزگر به یک اندازه انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و برگشت را کاهش می‌دهد و در نتیجه زمان رسیدن سیستم به تعادل کوتاه می‌شود، بدون آن‌که بر مقدارهای تعادلی اثری بگذارد.

۶۶۵- افزودن کاتالیزگر، ثابت سرعت واکنش رفت و واکنش برگشت را به یک نسبت تغییر می‌دهد. از این رو، نسبت آن‌ها (ثابت تعادل واکنش) تغییری نمی‌کند.

۶۶۶- از عوامل موثر بر سرعت واکنش ها تنها دما، غلظت و فشار باعث جابه‌جایی تعادل‌ها می‌شوند و ماهیت مواد، حالت فیزیکی و کاتالیزگر بر جابه‌جایی تعادل‌ها اثری ندارند و از بین این عوامل تنها عاملی که K ثابت تعادل واکنش را نیز تغییر می‌دهد، دما است.

۶۶۷- آمونیاک را طی فرآیند هابر از واکنش $N_۲$ و $H_۲$ به دست می‌آورند.

$$N_{۲\,(g)} + ۳H_{۲\,(g)} \rightleftharpoons ۲NH_{۳\,(g)} \qquad \Delta H - -۹۲\ kj\ .\ mol^{-۱}$$

از نظر تئوری افزایش $H_۲$ و $N_۲$ تعادل را به سمت راست جابه‌جا می‌کند و از طرف دیگر $NH_۳$ را تبدیل به مایع کرده و از تعادل خارج می‌کنند در نتیجه تعادل بیشتر به سمت راست جابجا می‌شود.

۶۶۸- به نظر می‌رسد چون که فرآیند هابر گرماده است، کاهش دما به نفع تولید آمونیاک باشد. ولی از طرف دیگر کاهش دما منجر به کاهش سرعت واکنش‌های رفت و برگشت می‌شود و حالت تعادل آن‌قدر آهسته برقرار می‌شود که در عمل تهیه آمونیاک امکان‌پذیر نخواهد بود. به همین علت، این فرآیند را در دماهای بالا انجام می‌دهند.

۶۶۹- با اینکه افزودن کاتالیزگر بر مقدارهای تعادلی اثری ندارد ولی در فرآیند هابر باعث می‌شود که تعادل در دمای پایین‌تر ایجاد شود و از افزایش زیاد و بی‌مورد دما جلوگیری می‌کند.

۶۷۰- چون فرآیند هابر یک تعادل گازی است و در سمت راست تعادل تعداد مول مواد گازی شکل کم‌تر است، افزایش فشار تعادل را به سمت راست جابه‌جا کرده و موجب تولید آمونیاک بیش‌تر می‌شود.

۶۷۱- برای تولید آمونیاک به روش هابر، نیتروژن مورد نیاز را از تقطیر هوای مایع و گاز هیدروژن را از پالایش نفت خام و یا عبور بخار آب از روی زغال داغ به دست می‌آورند.

$$H_2O\ (g) + C\ (s) \rightarrow \underbrace{CO\ (g) + H_2\ (g)}_{\text{گاز آب}}$$

۶۷۲- در صنعت آمونیاک را در دمایی حدود $550^\circ C$ و فشاری درگستره‌ی ۱۵۰ تا ۳۵۰ اتمسفر در مجاورت کاتالیزگرهای مانند Fe و اکسیدهای فلزی مانند MgO , Al_2O_3 تهیه می‌کنند.

۶۷۳- الکتروشیمی علمی است که ارتباط واکنش‌های شیمیایی و انرژی الکتریکی را توضیح می‌دهد و واکنش‌هایی که در آن یک یا چند الکترون بین مواد واکنش‌دهنده انتقال می‌یابند(واکنش‌های اکسایش- کاهش) در این مبحث مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

۶۷۴- گونه‌ای که طی یک واکنش شیمیایی اکسیژن بگیرد یا هیدروژن از دست بدهد و یا این‌که الکترون از دست بدهد، اکسایش می‌یابد(اکسید می‌شود).

۶۷۵- گونه‌ای که طی یک واکنش شیمیایی اکسیژن از دست بدهد یا هیدروژن بگیرد و یا این‌که الکترون بگیرد کاهش می‌یابد(احیا می‌شود).

۶۷۶- برای درک بهتر و آسان‌تر یک واکنش اکسایش- کاهش آن را به دو نیم واکنش تقسیم می‌کنند. نیم واکنشی که در آن الکترون از دست دادن صورت می‌گیرد، نیم واکنش اکسایش و به نیم واکنشی که در آن الکترون گرفتن صورت می‌گیرد، نیم واکنش کاهش می‌گویند. بدیهی است این دو نیم واکنش هم‌زمان اتفاق می‌افتند و جدا کردن آن‌ها از یک‌دیگر امکان‌پذیر نمی‌باشد.

۶۷۷- به هر گونه‌ای که اکسایش یابد(اکسید شود)، گونه‌ی کاهنده گفته می‌شود. زیرا باعث می‌شود ذره‌ی مقابل کاهش یابد و به هر گونه‌ای که کاهش یابد(احیا شود) گونه‌ی اکسنده گفته می‌شود زیرا باعث اکسایش ذره‌ی مقابل خود می‌شود.

نیم واکنش اکسایش $\quad Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(s)} + 2e^-$ ← گونه کاهنده

نیم واکنش کاهش $\quad S_{(s)} + 2e^- \rightarrow S^{2-}_{(s)}$ ← گونه اکسنده

$$Fe_{(s)} + S_{(s)} \rightarrow FeS_{(s)}$$

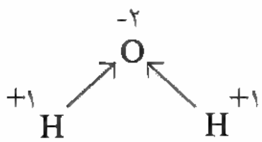
۶۷۸- عدد اکسایش یک اتم برابر تعداد الکترون‌هایی است که آن اتم برای تبدیل شدن به یک اتم خنثی باید بگیرد یا از دست بدهد. مثلاً عدد اکسایش کروم در Cr^{3+} برابر ۳+ است زیرا باید سه الکترون بگیرد تا به Cr تبدیل شود و یا عدد اکسایش P^{3-} برابر ۳- است.

۶۷۹- اگر عدد اکسایش ذره‌ای افزایش یابد(مثبت‌تر شود) به معنای از دست دادن الکترون بوده و فرآیند اکسایش است و اگر عدد اکسایش ذره‌ای کاهش یابد(منفی‌تر شود) به معنای گرفتن الکترون بوده و فرآیند کاهش است. برای این منظور کافی است عدد اکسایش ذره‌ی فرآورده را منهای عدد اکسایش همان ذره در قسمت مواد واکنش‌دهنده بنماییم.

$Cr^{۲+}_{(aq)} \rightarrow Cr^{۳+}_{(aq)} \quad +۳ - (+۲) = +۱$ فرآیند اکسایش

$Cu^{۲+}_{(aq)} \rightarrow Cu^{+۱}_{(aq)} \quad +۱ - (+۲) = -۱$ فرآیند کاهش

۶۸۰- برای ترکیب‌هایی که پیوند کووالانسی دارند و انتقال الکترون بین آن‌ها صورت نمی‌گیرد، فرض بر این است که اتمی که الکترونگاتیوی بیشتری دارد، الکترون را به سمت خود کشیده، عدد اکسایش منفی پیدا می‌کند و به عبارت دیگر کاهش می‌یابد و ذره‌ای که الکترونگاتیوی کمتری دارد، الکترون از دست داده، اکسایش می‌یابد.



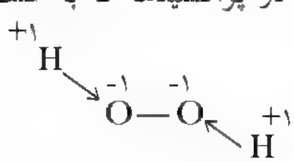
۶۸۱- بین دو اتم یکسان(الکترونگاتیوی برابر) انتقال الکترون صورت نمی‌گیرد و عدد اکسایش برابر صفر خواهد بود.

$Cl - Cl$ یا $N \equiv N$

۶۸۲- به علت کم بودن الکترونگاتیوی فلزها، معمولاً عدد اکسایش آن‌ها مثبت است. در گروه‌های اصلی عدد اکسایش عنصر فلزی با شماره‌ی گروه عنصر برابر است. Na^{+} و $Ca^{۲+}$

۶۸۳- عدد اکسایش هیدروژن معمولاً مثبت یک است به‌جز در مواردی که به یک فلز متصل شده باشد. در این حالت به علت الکترونگاتیوی بیشتر هیدروژن نسبت به فلز، عدد اکسایش هیدروژن منفی یک(۱-) درنظر گرفته می‌شود.
مانند سدیم‌هیدرید NaH

۶۸۴- عدد اکسایش اکسیژن(به علت الکترونگاتیوی زیاد) معمولاً ۲- درنظر گرفته می‌شود به‌جز در پراکسیدها که به علت پیوند $O - O$ عدد اکسایش اکسیژن منفی یک درنظر گرفته می‌شود.



۶۸۵- در یک ذره‌ی خنثی تعداد الکترون گرفته شده و از دست داده شده برابر است. به عبارت دیگر مجموع اعداد اکسایش-کاهش برابر صفر خواهد بود.

$H_۲SO_۴ = ۰$

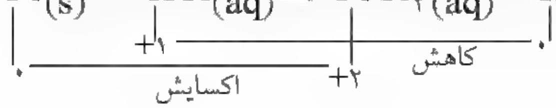
$+۱ \times ۲ + S + (-۲ \times ۴) = ۰ \rightarrow S = +۶$

۶۸۶- در یک یون تعداد الکترون‌های گرفته شده و یا از دست داده شده برابر بار یون است:

$MnO^{-}_{۴} \rightarrow MnO_۴ = -۱ \rightarrow Mn + (-۲ \times ۴) = -۱ \rightarrow Mn = +۷$

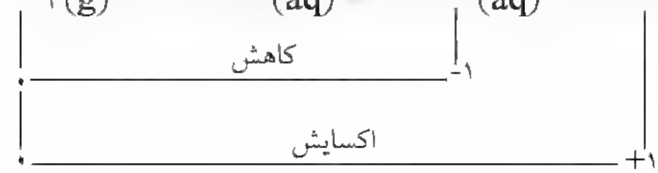
۶۸۷- در واکنش‌های اکسایش- کاهش معمولی یک گونه اکسایش و گونه‌ی دیگر کاهش پیدا می‌کند. که این امر از روی اعداد اکسایش آن‌ها به راحتی قابل تشخیص است.

$$Fe_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow FeCl_{2\,(aq)} + H_{2\,(g)}$$



۶۸۸- در بعضی واکنش‌ها، یک ذره هم اکسایش و هم کاهش می‌یابد. به این گونه واکنش‌ها، واکنش‌های تسهیم نامتناسب گفته می‌شود.

$$Cl_{2\,(g)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + NaClO_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$



۶۸۹- الکل‌ها(R - OH) دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که در آن‌ها گروه عاملی هیدروکسیل(- OH) به کربن متصل می‌شود. ساده‌ترین الکل‌ها، ترکیب‌هایی هستند که R یک گروه آلکیل باشد. این دسته ترکیب‌ها را به صورت آلکانول نام‌گذاری می‌کنند. به عبارت دیگر تعداد کربن‌های ترکیب را به صورت آلکان آورده و به آن پسوند(اُل) اضافه می‌کنند. اتانول(اتیل‌الکل) CH_3CH_2OH متانول(متیل‌الکل) CH_3OH

اگر OH - بتواند به چند صورت مختلف به زنجیر کربنی متصل شود. محل گروه هیدروکسیل(OH) را با عدد کمتر روی زنجیر اصلی مشخص می‌کنند.

$\overset{3}{C}H_3 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{1}{C}H_2OH$ $CH_3 - CH(OH) - CH_3$ $\overset{4}{C}H_3 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C}H(OH) - \overset{1}{C}H_3$

۱- پروپانول   ۲- پروپانول   ۲- بوتانول

۶۹۰- کربن نوع اول کربنی است که به یک کربن دیگر متصل باشد و اگر OH - به چنین کربنی متصل شود، الکل نوع اول حاصل می‌شود. الکل نوع دوم الکلی است که OH به کربنی متصل می‌شود که آن کربن به دو کربن دیگر متصل است و در الکل نوع سوم، OH به کربنی متصل است که آن کربن به سه کربن دیگر متصل است.

$CH_3 - C(OH)(CH_3) - CH_3$ $CH_3CH_2CH(OH)CH_3$ $CH_3CH_2CH_2OH$

۲- متیل- ۲- پروپانول، الکل نوع سوم   ۲- بوتانول، الکل نوع دوم   ۱- پروپانول، الکل نوع اول

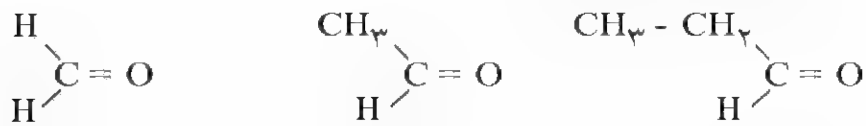
۶۹۱- از اکسایش الکل نوع اول، آلدهید به‌دست می‌آید و از اکسایش الکل نوع دوم کتون حاصل می‌شود. الکل نوع سوم در برابر اکسایش از خود مقاومت نشان می‌دهد.

۶۹۲- آلدهیدها ترکیب‌های آلی هستند که دارای گروه عاملی($-C(=O)H$) می‌باشند. در این ترکیب‌ها گروه کربونیل حتماً به یک هیدروژن متصل می‌باشد. با قرار گرفتن گروه‌های کربنی مختلف(و حتی هیدروژن) به‌جای گروه R ، آلدهیدهای مختلفی حاصل می‌شوند.



کربونیل   متانال

۶۹۳- آلدهیدها را به صورت آلکانال نام‌گذاری می‌کنند. یعنی تعداد کربن‌های ترکیب آلی را به صورت آلکان آورده و به آن پسوند (ال) اضافه می‌کنند.



متانال(فرم‌آلدهید)   اتانال(استالدهید)   پروپانال

۶۹۴- آلدهیدها از اکسایش الکل نوع اول حاصل می‌شوند. در این واکنش الکل نوع اول توسط یک اکسیدکننده به آلدهید تبدیل می‌شود. در این واکنش عدد اکسایش کربن در الکل از (۱-) به (۱+) می‌رسد و اکسید می‌شود.

$$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow{\text{ماده اکسنده}} CH_3-C(=O)H$$

۱- ⟶ ۱+ : ۲ درجه اکسایش

فقط در تبدیل متانول به متانال این اعداد اکسایش از (۲-) به صفر به صورت زیر تغییر می کنند:

$$2CH_3OH_{(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow[500^\circ C]{\text{آهن یا نقره}} 2H_2CO_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

۲- ⟶ ۰ : ۲ درجه اکسایش

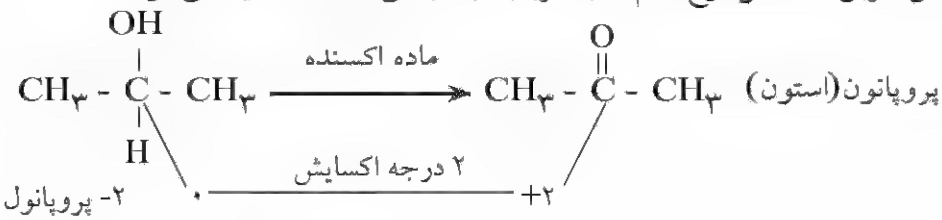
در این واکنش اکسیژن از صفر به ۲- می‌رسد و کاهش می‌یابد.

۶۹۵- کتون‌ها را به صورت آلکانون نام‌گذاری می‌کنند. به عبارت دیگر تعداد کربن‌های ترکیب آلی را به صورت آلکان آورده و به آن پسوند(ون) اضافه می‌کنند. توجه شود کتونی که کمتر از سه کربن داشته باشد، وجود ندارد و پروپانون کوچک‌ترین کتون موجود می‌باشد.

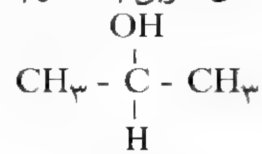


پروپانون(استون)   بوتانون

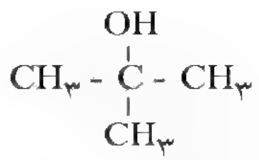
۶۹۶- کتون‌ها از اکسایش الکل نوع دوم حاصل می‌شوند. در این واکنش الکل نوع دوم توسط یک اکسیدکننده به کتون تبدیل می‌شود. در این واکنش‌ها عدد اکسایش کربن در الکل نوع دوم از(صفر) به (+۲) می‌رسد و اکسید می‌شود.



۶۹۷- الکل نوع سوم به علت نداشتن هیدروژن متصل به کربن گروه عاملی، کاهنده‌ی مناسبی نبوده و در مقابل اکسایش از خود مقاومت نشان می‌دهد. ولی در الکل‌های نوع اول و نوع دوم هیدروژن متصل به کربن گروه عاملی باعث می‌شود که این الکل‌ها کاهنده‌های خوبی باشند و به راحتی به آلدهید و کتون اکسید شوند.



۲- پروپانول

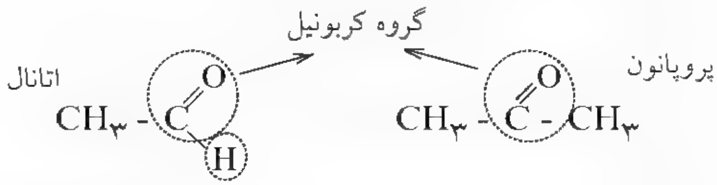


۲- متیل- ۲- پروپانول

کربن متصل به OH به هیدروژن نیز متصل است.

کربن متصل به OH به هیدروژنی متصل نیست.

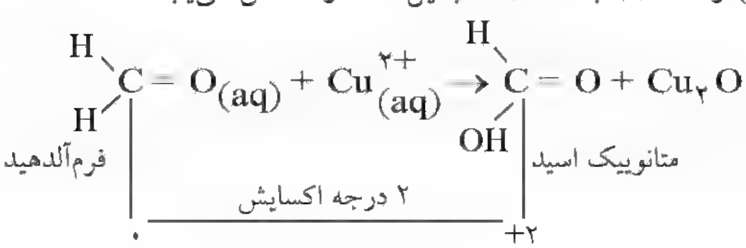
۶۹۸- مهم‌ترین تفاوت میان آلدهیدها و کتون‌ها وجود اتم هیدروژن متصل به گروه کربونیل در آلدهیدها است. وجود این اتم هیدروژن خاصیت کاهندگی بسیار زیادی به آلدهیدها می‌بخشد. درحالی‌که به علت نبودن این هیدروژن در کتون‌ها، خاصیت کاهندگی نداشته و در برابر اکسایش از خود مقاومت نشان می‌دهند.



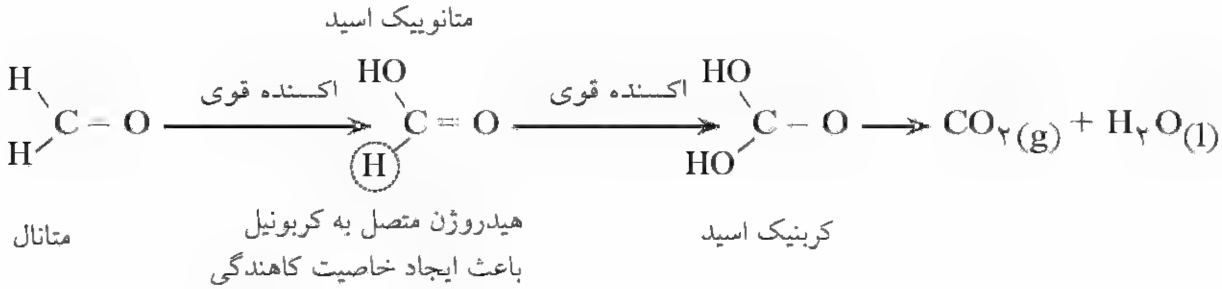
هیدروژنی به گروه کربونیل متصل نیست.
و در برابر اکسایش مقاومت می کند.

این هیدروژن خاصیت کاهندگی ایجاد می کند.

۶۹۹- آلدهیدها بر اثر اکسایش توسط یک اکسنده‌ی ضعیف به کربوکسیلیک‌اسید تبدیل می‌شوند. در واکنش نوشته شده عدد اکسایش کربن از صفر به +۲ می‌رسد (اکسید می‌شود) و Cu^{2+} به Cu^{1+} تبدیل شده و کاهش می‌یابد.



۷۰۰- اکسایش متانال(فرم‌آلدهید) در حضور یک اکسنده‌ی قوی به مقدار زیاد، تولید کربن‌دی‌اکسید و آب می‌نماید. زیرا متانال تنها آلدهیدی است که دو هیدروژن متصل که گروه کربونیل دارد و بدین ترتیب طی دو مرحله اکسید می‌شود. در مرحله‌ی اول به متانوییک‌اسید و در مرحله‌ی بعد به کربنیک‌اسید تبدیل می‌شود که پایدار نبوده و به CO_2 و آب شکسته می‌شود.



۷۰۱- عناصر برای گرفتن الکترون با یک‌دیگر رقابت می‌کنند. به طور مثال (در واکنش‌های زیر)، در واکنش اول یون مس الکترون گرفته و کاهش می‌یابد ولی در واکنش دوم مس الکترون از دست داده و اکسایش می‌یابد.

$$Fe_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

$$Cu_{(s)} + 2Ag^{+}_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

۷۰۲- هنگامی که یک فلز(رسانای الکترونی) در یک محلول(رسانای یونی) دارای یون‌هایی از جنس خود قرار می‌گیرد، به مجموعه‌ی حاصل **الکترود** یا **نیم‌سلول** می‌گویند. با برقراری تعادل $M^{n+}_{(aq)} + ne^- \rightleftharpoons M_{(s)}$ بین اتم‌های فلز و یون موجود در محلول، بین تیغه‌ی فلزی و محلول، اختلاف پتانسیلی به‌وجود می‌آید که به آن **پتانسیل الکترودی** می‌گویند.

۷۰۳- اگر دو نیم‌سلول به یک‌دیگر متصل شوند، یک سلول الکتروشیمیایی حاصل می‌شود که در آن یک واکنش اکسایش-کاهش، در شرایطی کنترل شده انجام می‌شود. تیغه‌ای که اکسایش می‌یابد **آند** سلول را تشکیل داده و الکترون از دست می‌دهد و تیغه‌ی دیگر الکترون گرفته و کاهش می‌یابد که به آن **کاتد** سلول می‌گویند. برای کامل شدن مدار الکتریکی وجود **پل نمکی** ضروری است. پل نمکی امکان ارتباط یون‌های دو نیم‌سلول با یک‌دیگر را فراهم می‌کند و باعث می‌شود که یون‌ها از یک نیم‌سلول به سمت نیم‌سلول دیگر حرکت کنند و در جریان واکنش، محلول‌ها از نظر بار الکتریکی خنثی بمانند.

۷۰۴- **کاتد** تیغه‌ای است که در آن از رسانای الکترونی(تیغه‌ی فلزی) به رسانای یونی(محلول الکترولیت) الکترون داده می‌شود و **آند** الکترودی است که در آن از رسانای یونی(محلول الکترولیت) به رسانای الکترونی(تیغه‌ی فلزی) الکترون داده می‌شود.

۷۰۵- شیمی‌دان‌ها برای تعیین پتانسیل الکترودی عنصرها یک الکترود استاندارد تعریف کرده‌اند و پتانسیل سایر عنصرها را نسبت به آن اندازه می‌گیرند. این الکترود، الکترود استاندارد هیدروژن(SHE) نامیده می‌شود و مقدار E° آن را در هر دمایی برابر **صفر** درنظر می‌گیرند. فرض دیگری که در این رابطه وجود دارد این است که پتانسیل‌های الکترودی استاندارد همواره به صورت پتانسیل‌های کاهشی استاندارد گزارش می‌شوند. به عبارت دیگر فرض می‌کنند که همه‌ی ذرات می‌خواهند از الکترود استاندارد هیدروژن الکترون بگیرند. آن‌هایی که بتوانند از هیدروژن الکترون بگیرند دارای E° مثبت و آن‌هایی که نمی‌توانند از هیدروژن الکترون بگیرند دارای E° منفی خواهند بود.

$$۲H^+_{(aq)} + ۲e^- \rightleftharpoons H_{۲(g)} \qquad E^\circ = ۰/۰۰\ v$$

گونه کاهش یافته $\rightleftharpoons$ گونه اکسایش یافته + ne^-

۷۰۶- رتبه‌بندی فلزها به ترتیب افزایش پتانسیل کاهشی استاندارد، **سری الکتروشیمیایی** نامیده می‌شود و به کمک آن می‌توان واکنش‌پذیری فلزها را با هم مقایسه و یا درمورد انجام‌پذیر بودن یا نبودن واکنش‌های میان آن‌ها پیش‌بینی کرد.

۷۰۷- برای محاسبه‌ی نیروی الکتروموتوری(emf) یک سلول الکتروشیمیایی که آن را با $E^\circ_{\text{سلول}}$ نیز نشان می‌دهند از رابطه‌ی مقابل استفاده می‌کنیم:

$$E^\circ_{\text{سلول}} = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}}$$

اگر $E^\circ_{\text{سلول}}$ برای واکنشی مثبت باشد یعنی آن واکنش انجام‌پذیر بوده و آند و کاتد به درستی انتخاب شده‌اند. ولی اگر مقدار $E^\circ_{\text{سلول}}$ برای واکنشی منفی باشد آن واکنش در آن جهت انجام‌پذیر نیست. به عبارت دیگر آند و کاتد به درستی انتخاب نشده‌اند و یا این‌که واکنش از راست به چپ خودبه‌خودی است.

۷۰۸- عناصر بالای هیدروژن در سری الکتروشیمیایی پتانسیل کاهشی **منفی** دارند و هرچه در سری به سمت بالاتر رویم، پتانسیل کاهشی منفی‌تر شده و عنصر **کاهنده‌ی** بهتری خواهد بود. به عبارت دیگر خاصیت فلزی آن بیشتر بوده و واکنش‌پذیری آن زیادتر خواهد بود.

۷۰۹- عناصر پایین‌تر از هیدروژن در سری الکتروشیمیایی پتانسیل کاهشی **مثبت** دارند و هرچه در سری به سمت پایین برویم، پتانسیل کاهشی مثبت‌تر شده و عنصر **اکسنده‌ی** قوی‌تری خواهد بود. به عبارت دیگر از خاصیت فلزی عنصر کاسته شده و خواص نافلزی آن‌ها بیشتر می‌شود. به طوری که عملاً عناصر پایین سری، عنصرهایی نافلز با الکترونگاتیوی بالا هستند.

۷۱۰- به طور کلی در جدول تناوبی هرچه به سمت چپ و پایین‌تر برویم، به علت کم شدن بار مؤثر هسته‌ی اتم، پتانسیل کاهشی نیز منفی‌تر می‌شود و برعکس هرچه به سمت راست جدول تناوبی و بالاتر برویم، به علت زیاد شدن بار مؤثر هسته‌ی اتم، پتانسیل کاهشی عنصرها مثبت‌تر می‌شود.

۷۱۱- به طور کلی کاتیون عناصر فلزی پایین سری الکتروشیمیایی، در یک واکنش اکسایش- کاهش، کاتد سلول بوده و می‌توانند از عناصر فلزی بالاتر خود الکترون گرفته(نقش آند را دارند) و آن‌ها را اکسید کنند.

۷۱۲- سلول‌های گالوانی(سلول‌های ولتایی) سلول‌هایی هستند که با انجام شدن یک واکنش اکسایش- کاهش خودبه‌خودی، انرژی شیمیایی ذخیره شده در مواد را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. در این گونه سلول‌ها الکترون‌ها در مدار بیرونی و از سمت آند به سمت کاتد جریان می‌یابند.

۷۱۳- سلول‌های الکترولیتی به دسته‌ای از سلول‌های الکتروشیمیایی گفته می‌شود که با اعمال یک ولتاژ بیرونی نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی در مسیر غیرخودبه‌خودی انجام می‌شوند. این امر باعث می‌شود که انرژی الکتریکی به انرژی ذخیره شده در اتم‌ها تبدیل شود.

۷۱۴- سلول‌های گالوانی(ولتایی) منبع انرژی الکتروشیمیایی هستند و در آن‌ها انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. این سلول‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱) سلول‌های نوع اول ۲) سلول‌های نوع دوم

۷۱۵- سلول‌های گالوانی نوع اول سلول‌هایی هستند که با تمام شدن واکنش‌دهنده‌های موجود در آن‌ها غیرفعال می‌شوند و امکان شارژ یا پر کردن دوباره‌ی آن‌ها وجود ندارد. مانند باتری‌های معمولی و سلول‌های سوختی.

۷۱۶- سلول‌های گالوانی نوع دوم سلول‌هایی هستند که قابل شارژ کردن هستند. در واقع این گونه سلول‌ها هنگام تولید برق و دِشارژ شدن سلول گالوانی هستند و در موقع شارژ شدن سلول الکترولیتی محسوب می‌شوند. مزیت این گونه سلول‌ها استفاده‌ی چند باره از آن‌ها است. مانند باتری خودروها یا باتری نیکل- کادمیم

۷۱۷- سلول‌های سوختی سلول‌هایی هستند که در اثر سوختن(اکسید شدن) یک سوخت گازی، انرژی برق تولید می‌کنند. البته واکنش اکسایش- کاهش در شرایط کنترل شده و در حضور یک محلول قلیایی(KOH) انجام می‌شود و در این شرایط شعله تولید نمی‌شود. در واکنش‌های آندی و کاتدی سلول سوختی هیدروژن- اکسیژن که در زیر آورده شده، مشاهده می‌شود این دو گاز در حالت محلول ترکیب شده و از جمع دو نیم‌واکنش، واکنش سوختن گاز هیدروژن حاصل می‌شود.

$$2\left\{ H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + 2e^- \right.$$ اکسایش در آند

$$O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$$ کاهش در کاتد

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$$

$$E^\circ_{\text{سلول}} = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}}$$

$$E^\circ_{\text{سلول}} = 0/4 - (-0/83) = 1/23\ v$$

۷۱۸- اکسیژن با اکثر فلزها به‌جز طلا، پلاتین و پالادیم(فلزهای نجیب) به طور خودبه‌خودی واکنش داده و آن‌ها را اکسید می‌نماید. به ترد شدن، خرد شدن و فروریختن فلزها بر اثر اکسایش **خوردگی** می‌گویند.

۷۱۹- زنگ زدن آهن یک واکنش اکسایش- کاهش است که در آن آهن اکسایش یافته و اکسیژن کاهش می‌یابد. هنگام زنگ زدن آهن وجود آب در محیط الزامی است. زیرا آب در واکنش کاتدی مصرف می‌شود و همچنین یون‌های ایجاد شده در قطره‌ی آب، که مدار بیرونی(رسانای یونی) را تشکیل می‌دهد، وارد می‌شوند و بدون آب مدار کامل نبوده و زنگ زدن آهن روی نمی‌دهد.

نیم واکنش اکسایش در آند $Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

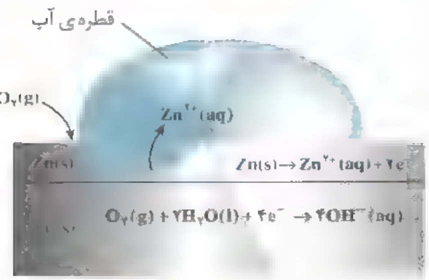
نیم واکنش کاهش در کاتد $O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$

یون Fe^{2+} تولید شده در این مرحله با یون‌های OH^- برخورد کرده و رسوب $Fe(OH)_2$ تولید می‌شود. اما اکسایش آهن در این مرحله متوقف نشده و دوباره توسط اتم‌های اکسیژن به آهن(III) تبدیل می‌شود.

$$4Fe(OH)_{2(s)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 4Fe(OH)_{3(s)}$$

۷۲۰- رنگ کردن، قیراندود کردن، روکش دادن آهن با فلزات دیگر و حفاظت کاتدی، روش‌هایی برای جلوگیری از زنگ زدن آهن است که مهم‌ترین روش، حفاظت کاتدی می‌باشد.

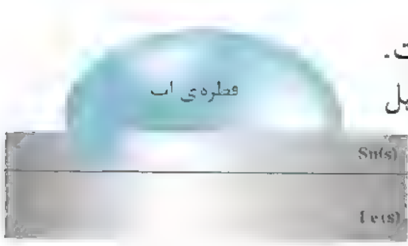
۷۲۱- قرار دادن فلز مورد حفاظت در کنار فلزی که پتانسیل کاهشی منفی‌تری دارد، **حفاظت کاتدی** نامیده می‌شود. برای حفاظت آهن، آن را با یک فلز فعال‌تر مانند Zn یا Mg مجاور می‌کنند. این فلزات هنگام زنگ زدن آهن خود را فدا کرده و اکسید می‌شوند و تا زمانی که آن‌ها وجود داشته باشند، فلز آهن از زنگ زدن محافظت می‌شود.



۷۲۲- آهن سفید یا آهن گالوانیزه قطعه‌ای فلز آهن است که با فلز روی(Zn) روکش شده است. هرگاه خراشی در سطح آهن سفید ایجاد شود، در محل خراش یک سلول گالوانی تشکیل می‌شود که در این سلول روی به جای آهن اکسید شده و آند سلول واقع می‌شود و O_2 کاتد سلول خواهد بود و بدین گونه آهن از زنگ زدن محافظت می‌شود.

نیم واکنش اکسایش در آند $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

نیم واکنش کاهش در کاتد $O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$



۷۲۳- حلبی قطعه‌ای از فلز آهن است که به وسیله‌ی فلز قلع(Sn) پوشیده شده است. هرگاه خراشی در سطح حلبی ایجاد شود، در محل خراش یک سلول گالوانی تشکیل می‌شود که در آن آهن اکسایش می‌یابد زیرا قلع(Sn) پتانسیل کاهشی مثبت‌تری نسبت به آهن داشته و آهن نقش حفاظت کاتدی برای فلز قلع(Sn) را ایفا می‌کند. در نتیجه آهن از درون خورده شده و روکش آن سالم باقی می‌ماند.

نیم واکنش اکسایش در آند $Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

نیم واکنش کاهش در کاتد $O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$

۷۲۴- سلول‌های الکترولیتی شامل دو الکترود هستند که درون یک محلول الکترولیت، محلولی که یون‌ها می‌توانند در آن به طور آزادانه حرکت کنند، قرار گرفته‌اند. با اعمال جریان الکتریسیته و تحت تأثیر میدان الکتریکی به وجود آمده، یون‌های موجود در محلول به سمت الکترودی با بار مخالف خود حرکت می‌کنند. به عبارت دیگر یون‌های مثبت(کاتیون‌ها) به سمت تیغه‌ی کاتد(تیغه با بار منفی) و یون‌های منفی به سمت تیغه‌ی آند(تیغه با بار مثبت) حرکت می‌کنند. کاتیون‌ها در کاتد کاهش یافته و آنیون‌ها در آند اکسایش می‌یابند و بدین ترتیب یک واکنش اکسایش-کاهش در سلول الکترولیتی رخ می‌دهد.

۷۲۵- وقوع واکنش‌های اکسایش- کاهش در یک سلول الکترولیتی به غلظت محلول و موقعیت یون‌ها در جدول پتانسیل‌های کاهشی استاندارد، بستگی دارد.

۷۲۶- همواره یونی که به سمت **کاتد** حرکت می‌کند، کاتیون و یونی که به سمت **آند** حرکت می‌کند، آنیون نامیده می‌شود.

۷۲۷- در یک سلول الکترولیتی می‌توان با اعمال جریان الکتریسیته یک واکنش را در خلاف جهت طبیعی آن پیش راند و از این راه به محصولات متنوعی دست پیدا کرد.

۷۲۸- برقکافت آب که در یک سلول الکترولیتی انجام می‌شود، سلول‌های آب را به عناصر سازنده‌اش تجزیه می‌کند.

نیم واکنش کاهش در کاتد $۴H_۲O_{(l)} + ۴e^- \rightarrow ۲H_{۲(g)} + ۴OH^-_{(aq)}$

نیم واکنش اکسایش در آند $۶H_۲O_{(l)} \rightarrow O_{۲(g)} + ۴H_۳O^+_{(aq)} + ۴e^-$

واکنش کلی سلول $۱۰H_۲O_{(l)} \rightarrow ۲H_{۲(g)} + O_{۲(g)} + ۸H_۲O \Rightarrow ۲H_۲O_{(l)} \rightarrow ۲H_{۲(g)} + O_{۲(g)}$

۷۲۹- در الکترولیز(برقکافت) نمک مذاب سدیم‌کلرید به علت وجود نداشتن ذرات دیگر رقابتی برای گرفتن یا از دست دادن الکترون وجود ندارد. آنیون کلرید (Cl^-) به سمت آند رفته و در آن جا اکسایش می‌یابد و کاتیون سدیم (Na^+) به سمت کاتد رفته و در آن جا کاهش می‌یابد.

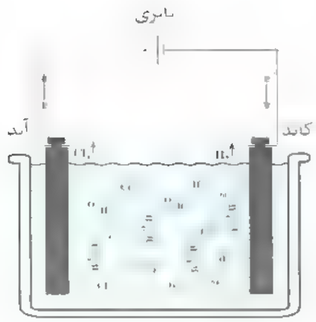
نیم واکنش کاهش در کاتد $۲\left(Na^+_{(l)} + e^- \rightarrow Na_{(l)}\right)$

نیم واکنش اکسایش در آند $۲Cl^- \rightarrow Cl_{۲(g)} + ۲e^-$

واکنش کلی سلول $۲Na^+_{(l)} + ۲Cl^-_{(l)} \rightarrow ۲Na_{(l)} + Cl_{۲(g)}$

محاسبه نشان می‌دهد که برای فرآیند تجزیه‌ی گرمایی NaCl به دمای بسیار بالایی در حدود $۴۲۶۷\ ^\circ C$(کمی کمتر از دمای سطح خورشید) نیاز است که تأمین چنین دمایی ممکن نیست ولی این عمل با برقکافت سدیم‌کلرید مذاب در دمایی حدود $۵۸۷\ ^\circ C$ انجام می‌شود.

۷۳۰- در الکترولیز محلول نمک طعام غلیظ به علت وجود یون‌های Cl^- و OH^- (حاصل از آب) رقابتی برای اکسایش در آند صورت می‌گیرد که در این رقابت یون کلرید (Cl^-) پیروز شده و اکسایش می‌یابد. بین یون Na^+ و آب برای کاهش یافتن در کاتد، رقابت صورت می‌گیرد که برنده‌ی آن مولکول‌های آب بوده و کاهش می‌یابند.



نیم واکنش اکسایش در آند $2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$

نیم واکنش کاهش در کاتد $2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^-$

واکنش کلی سلول $2H_2O_{(l)} + 2Cl^-_{(aq)} \rightarrow H_{2(g)} + Cl_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$

در حالت کلی‌تر $2H_2O_{(l)} + 2\left(Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}\right) \rightarrow H_{2(g)} + Cl_{2(g)} + 2\left(Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}\right)$

در نتیجه مشاهده می‌شود که از الکترولیز محلول غلیظ آب نمک، هیدروژن در کاتد و Cl_2 در آند حاصل شده و در محلول $NaOH_{(aq)}$ باقی می‌ماند.

۷۳۱- در برقکافت محلول نمک‌ها به طور کلی آنیون(یا گونه‌ای) که پتانسیل کاهشی کمتری دارد در آند اکسایش یافته و کاتیونی(یا مولکولی) که پتانسیل کاهشی بیشتری دارد در کاتد کاهش می‌یابد. البته دقت شود که غلظت ذرات در پتانسیل کاهشی استاندارد آن تأثیر گذاشته و آن را تغییر می‌دهد.

۷۳۲- به طور کلی یون‌هایی که پتانسیل کاهشی بیشتری از آب داشته و در کاتد کاهش می‌یابند و بیشتر مورد سؤال واقع می‌شوند عبارتند از:

$Hg^{2+} > Ag^+ > Cu^{2+} > H_2O$

← افزایش پتانسیل کاهشی ←

در صورت وجود این یون، به جای آب در کاتد کاهش می‌یابند و به همین ترتیب آنیون‌هایی که زیاد مورد پرسش قرار می‌گیرند عبارتند از:

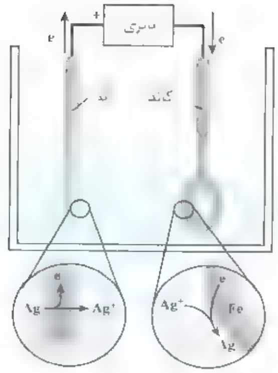
$F^- > \ldots > H_2O > Cl^- > Br^- > I^-$

که در صورت وجود آنیونی که پتانسیل کاهشی کمتری دارد در آند اکسایش می‌یابد.

۷۳۳- نقطه‌ی ذوب Al_2O_3 در حدود $2045\ ^\circ C$ است و چون برقکافت در این دما اقتصادی نیست، در صنعت برای به دست آوردن آلومینیم، آلومینا(Al_2O_3) را در کریولیت(Na_3AlF_6) مذاب حل می‌کنند و در دمایی حدود $960\ ^\circ C$ برقکافت می‌کنند. در طی این فرآیند یون‌های Al^{3+} در کاتد کاهش یافته و به آلومینیم تبدیل می‌شوند. واکنش کلی سلول برقکافت به صورت زیر است:

$2Al_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow 4Al_{(l)} + 3CO_{2(g)}$

۷۳۴- پوشاندن یک جسم با لایه‌ای نازک از یک فلز دیگر به روش برقکافت را آبکاری می‌نامند. در این عمل جسمی که قرار است مورد آبکاری واقع شود را در کاتد(الکترود منفی) قرار می‌دهند و آند(الکترود مثبت) را از جنس فلز روکش انتخاب می‌کنند و محلول الکترولیت را نمکی از جنس فلز روکش(آند) انتخاب می‌کنند.

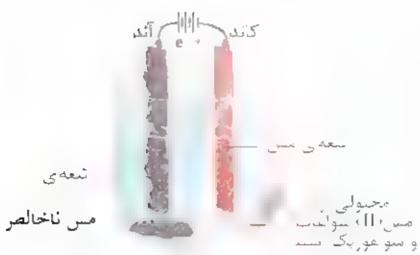


۷۳۵- برای آبکاری یک قاشق فلزی به وسیله‌ی فلز نقره به ترتیب قاشق فلزی را به کاتد سلول الکترولیتی وصل می‌نمایند. آند را فلز نقره و محلول الکترولیت را نقره‌نیترات می‌گیرند. با اعمال جریان الکتریسیته فلز نقره به علت پتانسیل کاهشی کمتری که نسبت به آب دارد، در آند اکسایش یافته و به صورت یون Ag^{+} وارد محلول می‌شود. از طرف دیگر به علت بیشتر بودن پتانسیل کاهشی $Ag^{+}_{(aq)}$ نسبت به آب، به سمت کاتد رفته و در آن جا به فلز Ag کاهش می‌یابد و روی قاشق رسوب می‌کند و به این ترتیب لایه‌ی نازکی از فلز نقره روی قاشق می‌نشیند.

$Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightarrow Ag$ نیم واکنش کاهش در کاتد

$Ag_{(s)} \rightarrow Ag^{+}_{(aq)} + e^{-}$ نیم واکنش اکسایش در آند

$Ag^{+}_{(aq)} + Ag_{(s)} \rightarrow Ag_{(s)} + Ag^{+}_{(aq)}$ واکنش کلی سلول



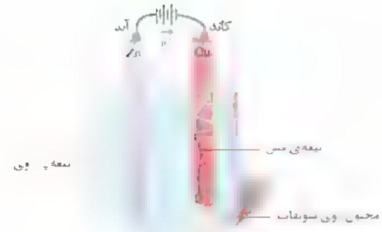
۷۳۶- وجود اندکی ناخالصی در فلز مس روی رسانایی الکتریکی آن تاثیر به‌سزایی دارد. در صنعت برای جدا کردن ناخالصی‌های همراه با فلز مس، آن را در یک سلول الکترولیتی(برقکافت) پالایش می‌کنند. برای این منظور مس ناخالصی را به آند سلول(الکترود مثبت) متصل می‌کنند و وارد سولفوریک‌اسید غلیظ می‌کنند و قطعه‌ای فلز مس خالص را به کاتد(الکترود منفی) وصل می‌کنند. سولفوریک‌اسید علاوه بر این‌که نقش الکترولیت را به عهده دارد، در ابتدای عمل با تیغه‌ی آند ترکیب شده و $CuSO_{4(aq)}$ تولید می‌کند و از این طریق یون‌های Cu^{2+} لازم برای شروع عمل برقکافت را تأمین می‌نماید. با اعمال جریان الکتریسیته اتم‌های مس موجود در تیغه‌ی آند به علت پتانسیل کاهشی کمتر نسبت به گونه‌های موجود اکسایش یافته و به صورت Cu^{2+} وارد محلول می‌شوند و از آن جا یون‌های $Cu^{2+}_{(aq)}$ به علت بیشتر بودن پتانسیل کاهشی نسبت به گونه‌های موجود در محلول به سمت کاتد رفته و با گرفتن الکترون به اتم‌های مس کاهش می‌یابند و روی کاتد رسوب می‌کنند و به این ترتیب یون‌های دیگر موجود(ناخالصی‌ها) در شرایط ولتاژ کنترل شده درون محلول باقی می‌مانند و از فلز مس جدا می‌شوند.

$Cu_{(s)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$ نیم واکنش اکسایش در آند

$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Cu_{(s)}$ نیم واکنش کاهش در کاتد

$Cu_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$ واکنش کلی سلول

۷۳۷- برای خالص‌سازی و یا آبکاری با فلز روی می‌توان از روش برقکافت استفاده کرد. با اعمال یک ولتاژ بیرونی کنترل شده نیم‌واکنش‌های الکترودی در مسیر غیرخودبه‌خودی پیش رانده می‌شوند و فلز روی متصل به آند، اکسایش یافته و به صورت Zn^{2+} وارد محلول می‌شود و از آن جا با گرفتن الکترون به صورت اتم‌های روی(Zn) روی تیغه‌ی کاتد رسوب می‌کنند. در این حالت یون‌های $Zn^{2+}_{(aq)}$ به علت پتانسیل کاهشی بیشتر(۰/۷۶ - ولت) نسبت به آب(۰/۸۳ - ولت) در رقابت برای گرفتن الکترون پیروز شده و در کاتد کاهش می‌یابند.



نیم واکنش اکسایش در آند $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

نیم واکنش کاهش در کاتد $Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$

واکنش کلی سلول $Zn_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)}$

دقت شود که تیغه‌ی مس نقشی در این واکنش‌ها ندارد و فقط به عنوان محلی برای کاهش یون‌های Zn^{2+} به کار برده شده است.

۷۳۸- کدام گزینه نادرست است؟

۱) در نمودار انرژی یونش‌های پی در پی عنصر $_{19}K$ ، سه جهش بزرگ مشاهده می‌شود.

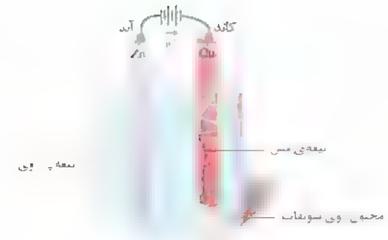
۲) طیف‌های نشری خطی عنصرها در کشف عنصرهای روبیدیم و سزیم توسط بونزن نقش داشتند.

۳) انرژی نخستین یونش عنصرهای $_5B$، $_4Be$ و $_6C$ به صورت $B < Be < C$ ، افزایش می‌یابد.

۴) در طیف نشری خطی هیدروژن، نور قرمز، بیش‌ترین انحراف را از مسیر اولیه‌ی برخورد به منشور، دارد.

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. در طیف نشری خطی هیدروژن، نور قرمز کم‌ترین انحراف و نور بنفش بیش‌ترین انحراف از مسیر اولیه خود دارد. گزینه‌ی «۱» آرایش الکترونی $_{19}K$ به صورت $_{19}K: 1s^2 / 2s^2\ 2p^6 / 3s^2\ 3p^6 / 4s^1$ می‌باشد و در آرایش آن ۳ جهش بزرگ دیده می‌شود. گزینه‌ی «۳» در هر دوره از چپ به راست انرژی نخستین یونش افزایش می‌یابد و به طور استثنا» بین گروه‌های ۲ (IIA) و ۱۳ (IIIA) در گروه ۲ (IIA) به علت آرایش پر و پایدار ns^2 انرژی یونش بیش‌تر از گروه ۱۳ (IIIA) می‌باشد. بنابراین ترتیب انرژی نخستین یونش بین عنصرهای ذکر شده به این صورت است: $_6C > {}_4Be > {}_5B$

۷۳۷- برای خالص‌سازی و یا آبکاری با فلز روی می‌توان از روش برقکافت استفاده کرد. با اعمال یک ولتاژ بیرونی کنترل شده نیم‌واکنش‌های الکترودی در مسیر غیرخودبه‌خودی پیش رانده می‌شوند و فلز روی متصل به آند، اکسایش یافته و به صورت $Zn^{۲+}$ وارد محلول می‌شود و از آن جا با گرفتن الکترون به صورت اتم‌های روی(Zn) روی تیغه‌ی کاتد رسوب می‌کنند. در این حالت یون‌های $Zn^{۲+}_{(aq)}$ به علت پتانسیل کاهشی بیشتر(۰/۷۶ - ولت) نسبت به آب(۰/۸۳ - ولت) در رقابت برای گرفتن الکترون پیروز شده و در کاتد کاهش می‌یابند.



نیم واکنش اکسایش در آند $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{۲+}_{(aq)} + ۲e^-$

نیم واکنش کاهش در کاتد $Zn^{۲+}_{(aq)} + ۲e^- \rightarrow Zn_{(s)}$

واکنش کلی سول $Zn_{(s)} + Zn^{۲+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{۲+}_{(aq)} + Zn_{(s)}$

دقت شود که تیغه‌ی مس نقشی در این واکنش‌ها ندارد و فقط به عنوان محلی برای کاهش یون‌های $Zn^{۲+}$ به کار برده شده است.

۷۳۸- کدام گزینه نادرست است؟

۱) در نمودار انرژی یونش‌های پی در پی عنصر $_{۱۹}K$ ، سه جهش بزرگ مشاهده می‌شود.

۲) طیف‌های نشری خطی عنصرها در کشف عنصرهای روبیدیم و سزیم توسط بونزن نقش داشتند.

۳) انرژی نخستین یونش عنصرهای $_{۵}B$، Be و $_{۶}C$ به صورت $B < Be < C$ ، افزایش می‌یابد.

۴) در طیف نشری خطی هیدروژن، نور قرمز، بیش‌ترین انحراف را از مسیر اولیه‌ی برخورد به منشور، دارد.

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. در طیف نشری خطی هیدروژن، نور قرمز کم‌ترین انحراف و نور بنفش بیش‌ترین انحراف از مسیر اولیه خود دارد. گزینه‌ی «۱» آرایش الکترونی $_{۱۹}K$ به صورت $_{۱۹}K : ۱s^۲ / ۲s^۲ ۲p^۶ / ۳s^۲ ۳p^۶ / ۴s^۱$ می‌باشد و در آرایش آن ۳ جهش بزرگ دیده می‌شود. گزینه‌ی «۳» در هر دوره از چپ به راست انرژی نخستین یونش افزایش می‌یابد و به طور استثنا» بین گروه‌های ۲ (IIA) و ۱۳ (IIIA) در گروه ۲ (IIA) به علت آرایش پر و پایدار $ns^۲$ انرژی یونش بیش‌تر از گروه ۱۳ (IIIA) می‌باشد. بنابراین ترتیب انرژی نخستین یونش بین عنصرهای ذکر شده به این صورت است: $_{۵}B < _{۴}Be < _{۶}C$

۷۳۹- کدام گزینه درست است؟

۱) در اتم تیتانیم $_{۲۲}Ti$ ، تنها دو الکترون دارای مجموعه عددهای کوانتومی $n = ۳$ ، $l = ۲$ و $m_s = +\frac{۱}{۲}$ اند.

۲) عدد کوانتومی اصلی n ، نخستین بار توسط شرودینگر برای محاسبه انرژی الکترون در اتم ارائه شد.

۳) شمار الکترون‌های با اسپین $+\frac{۱}{۲}$ در اتم $_{۳۰}Zn$ با شمار آن‌ها در اتم $_{۲۴}Cr$ متفاوت است.

۴) چهار خط طیف نشری اتم هیدروژن، نخستین بار توسط هنری موزلی کشف شد.

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. گزینه‌ی «۱» آرایش الکترونی اتم تیتانیم ($_{۲۲}Ti$) به صورت زیر است و دو الکترونی که در زیر لایه $۳d$ جای دارند، اعداد کوانتومی $n = ۳$, $l = ۲$, $m_s = +\frac{۱}{۲}$ را دارند.

$_{۲۲}Ti : ۱s^۲ / ۲s^۲ \ ۲p^۶ / ۳s^۲ \ ۳p^۶ \ ۳d^۲ / ۴s^۲$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه‌ی «۲» عدد کوانتومی اصلی n ، نخستین بار توسط بور برای مشخص کردن ترازهای انرژی در مدل خود به کار رفت. گزینه‌ی «۳» آرایش الکترونی اتم‌های $_{۳۰}Zn$ و $_{۲۴}Cr$ به قرار زیر است:

$_{۲۴}Cr : ۱s^۲ / ۲s^۲ \ ۲p^۶ / ۳s^۲ \ ۳p^۶ \ ۳d^۵ / ۴s^۱$

$_{۳۰}Zn : ۱s^۲ / ۲s^۲ \ ۲p^۶ / ۳s^۲ \ ۳p^۶ \ ۳d^{۱۰} / ۴s^۲$

در هر دو اتم $_{۲۴}Cr$ و $_{۳۰}Zn$ ، تعداد ۱۵ الکترون عدد کوانتومی $m_s = +\frac{۱}{۲}$ دارند.

گزینه‌ی «۴» چهار خط طیف نشری اتم هیدروژن نخستین بار توسط انگستروم کشف شد.

۷۴۰- اگر جرم پروتون ۱۸۴۰ برابر جرم الکترون، جرم نوترون ۱۸۵۰ برابر جرم الکترون و جرم الکترون برابر ۰/۰۰۰۵۴ amu در نظر گرفته شود، جرم تقریبی یک اتم تریتیم برابر چند گرم خواهد بود؟

$\left(۱\ \text{amu} = ۱/۶۶ \times ۱۰^{-۲۴}\ \text{g}\right)$

۱) $۴/۹۶ \times ۱۰^{-۲۴}$ ۲) $۹/۱۱۲ \times ۱۰^{-۲۴}$ ۳) $۴/۳۴ \times ۱۰^{-۲۲}$ ۴) $۹/۸۱۵ \times ۱۰^{-۲۲}$

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. از آن‌جا که جرم الکترون ناچیز است و می‌توان از آن صرف‌نظر کرد، جرم تریتیم $\left({}^{۳}_{۱}\text{T}\right)$ را به صورت زیر حساب می‌کنیم.

$${}^{۴}_{۱}\text{T} : ۲\text{p} + ۱\text{n} - ۲\ \text{amu} + ۱\ \text{amu} - ۳ \times ۱/۶۶ \times ۱۰^{-۲۴} = ۴/۹۸ \times ۱۰^{-۲۴}$$

که تقریباً گزینه‌ی «۱» است.

تذکر: اگر بخواهید این سؤال را دقیق محاسبه کنید. مسلماً زمان زیادی از شما می‌گیرد، و به نظر می‌رسد بهتر است به روش ذکر شده در بالا، محاسبه کنید. اما محاسبه دقیق جرم ${}^{۳}_{۱}\text{T}$ را هم ببینید.

$${}^{۳}_{۱}\text{T} : ۱\text{p} + ۱\text{e}^- + ۲\text{n} = ۱۸۴۰\ \text{e}^- + \text{e}^- + ۲ \times ۱۸۵۰\ \text{e}^-$$

$$= [۱۸۴۰ + ۱ + (۲ \times ۱۸۵۰)]\ \text{e}^- = ۵۵۴۱\ \text{e}^- = ۵۵۴۱ \times ۵۴ \times ۱۰^{-۵} \times ۱/۶۶ \times ۱۰^{-۲۴} = ۴۹۶۶۹۵/۲۴ \times ۱۰^{-۲۹}$$

$$= ۴/۹۶۶۹۵۲۴ \times ۱۰^{-۲۴}\ \text{g}$$

۷۴۱- با توجه به این‌که اتم عنصر A از دوره‌ی سوم با اتم‌های Cl و O ترکیب‌هایی یونی با فرمول ACl و A_2Oتشکیل می‌دهد و اتم عنصر X هم‌دوره آن، با اتم‌های N و F ترکیب‌های یونی با فرمول X_3N_2 و XF_2 تشکیل می‌دهد، کدام گزینه درست است؟

۱) اتم عنصر A دارای الکترون‌هایی با عدد کوآنتومی ۲ = l و اتم عنصر X فاقد آن‌هاست.
۲) انرژی دومین یونش اتم عنصر A در مقایسه با انرژی دومین یونش اتم عنصر X بیش‌تر است.
۳) A عنصری از گروه IB و X عنصری از گروه IA گروه جدول تناوبی است.
۴) A اکسیدی نامحلول در آب و X هیدروکسید محلول در آب تشکیل می‌دهد.

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به اطلاعات داده شده در سؤال، اتم عنصر A ، ظرفیت +۱ و اتم عنصر X ظرفیت +۲ دارد و چون در دوره سوم عنصر واسطه هم وجود ندارد، پس A ، گروه ۱ (IA) و X عنصر گروه ۲ (IIA) است. پس A ، سدیم $({}_{11}Na)$ و x عنصر منیزیم $({}_{12}Mg)$ است. پس گزینه‌ی «۳» از ابتدا رد می‌شود.
اما سایر گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

گزینه‌ی «۱»: آرایش الکترونی سدیم، به صورت ${}_{11}Na : 1s^2 / 2s^2\ 2p^6 / 3s^1$ می‌باشد و آرایش منیزیم هم به صورت ${}_{12}Mg : 1s^2 / 2s^2\ 2p^6 / 3s^2$ است. یعنی هر دو عنصر، الکترون‌هایی با عدد کوانتومی ۲ = l دارند.
پس گزینه‌ی «۱» نادرست است.

گزینه‌ی «۲» انرژی نخستین یونش ${}_{11}Na$ از ${}_{12}Mg$ کم‌تر است ولی در مورد دومین یونش برعکس است و انرژی دومین یونش ${}_{11}Na$ از ${}_{12}Mg$ بیش‌تر است، علت آن است که دومین الکترون در مورد سدیم از آرایش گاز نجیب جدا می‌شود که انرژی بیش‌تری نیاز دارد.

گزینه‌ی «۴» اکسید عنصر A ، Na_2O محلول در آب است، اما هیدروکسید عنصر X ، $Mg(OH)_2$ نامحلول در آب است.

یادآوری: هیدروکسیدها و اکسیدهای گروه قلیایی یا ۱ (IA) و قلیایی خاکی یا ۲ (IIA) در آب محلولند، به جز ${}_4Be$ و ${}_{12}Mg$

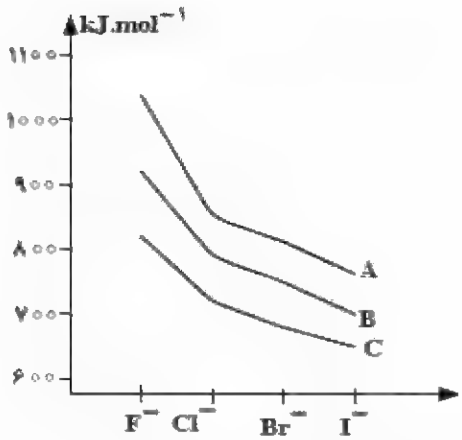
۷۴۲- عنصر ${}_{52}A$ با عنصر .... در جدول تناوبی هم‌گروه است و آخرین زیر لایه‌ی اشغال شده اتم آن، .... است و یک .... به حساب می‌آید.

۱) ${}_{34}X$ ، $4p^4$ ، شبه فلز ۲) ${}_{32}Y$ ، $4p^2$ ، نافلز ۳) ${}_{34}X$ ، $5p^4$ ، شبه فلز ۴) ${}_{32}Y$ ، $5p^2$، نافلز

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. عنصر ${}_{52}A$ عنصر گروه ۱۶ از دوره پنجم است، و آرایش الکترونی آن به صورت ${}_{52}A : [{}_{36}Kr]\ 4d^{10}\ 5s^2\ 5p^4$ می‌باشد.

تذکر: عنصر مورد نظر ${}_{52}Te$ است که یک شبه فلز است. البته بدون دانستن این موضوع هم پاسخ سؤال مشخص است.

۷۴۳- با توجه به شکل روبه‌رو، A، B و C نشان‌دهنده‌ی انرژی شبکه‌ی بلور هالیدهای یون‌های کدام عنصرهایند و با بزرگ‌تر شدن کاتیون هم‌گروه، درباره‌ی کدام هالوژن، انرژی شبکه بیش‌تر تغییر می‌کند؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید.)



۱) F - Li , K , Na

۲) I - K , Li , Na

۳) F - K , Na , Li

۴) I - Li , Na , K

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. اگر بار یون‌ها مساوی باشد، با افزایش حجم یون‌ها انرژی شبکه بلور کاهش می‌یابد.
در گروه ۱ (IA) از بالا به پایین، شعاع یونی افزایش می‌یابد. $\left({}_{۳}Li^{+} < {}_{۱۱}Na^{+} < {}_{۱۹}K^{+}\right)$ پس انرژی شبکه بلور هالیدهای گروه ۱ (IA) به صورت زیر است:

$LiX > Na\,X > KX$ kJ/mol انرژی شبکه

در ضمن با توجه به نمودار داده شده، درمورد ${}_{۹}F^{-}$، با بزرگ شدن شعاع کاتیون گروه ۱ (IA)
(${}_{۱۹}K^{+} > {}_{۱۱}Na^{+} > {}_{۳}Lu^{+}$: شعاع کاتیون) انرژی شبکه بیش‌تر تغییر می‌کند.

۷۴۴- اگر ۰/۱ مول نمک آبپوشیده $Na_۲SO_۴ . ۸H_۲O$ گرما داده شود و وزن آن حدود ۱۸/۹ درصد کاهش یابد، x در فرمول شیمیایی جامد باقیمانده $(Na_۲SO_۴ . xH_۲O)$، به تقریب کدام است؟

$\left(Na = ۲۳ , S = ۳۲ , O = ۱۶ , H = ۱ : g.mol^{-۱}\right)$

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۶

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است.
مقداری آب در نمک باقی مانده $xH_۲O$ و $Na_۲SO_۴ . ۸H_۲O - ۲۸۶$
مقداری آب خارج شده و کاهش جرم مربوط به آب بخار شده است $(۸ - x)H_۲O$

$$Na_۲SO_۴ . ۸H_۲O_{(s)} \xrightarrow{\Delta} Na_۲SO_۴ . xH_۲O_{(s)} + (۸ - x)\,H_۲O_{(g)}$$

$$۲۸۶ \qquad (۸ - x)\,۱۸$$

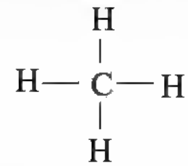
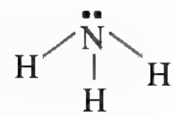
$$۰/۱ \times ۲۸۶ \qquad \frac{۱۸/۹}{۱۰۰} \times ۲۸/۶ \Rightarrow ۱۸(۸ - x) \times ۰/۱ \times ۲۸۶ = ۲۸۶ \times \frac{۱۸/۹}{۱۰۰} \times ۲۸/۶$$

$$۱۸(۸ - x) = ۵۴/۰ \Rightarrow ۸ - x = ۳ \Rightarrow x = ۵$$

۷۴۵- وجود جفت الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی در یک مولکول، در کدام ویژگی آن اثر کم‌تری دارد؟

۱) قطبیت مولکول ۲) زاویه‌ی پیوندی ۳) شکل هندسی ۴) طول پیوند

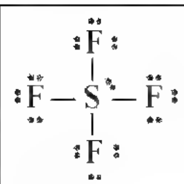
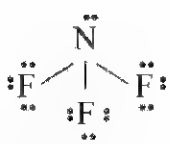
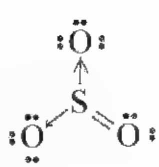
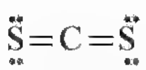
گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. طول پیوند رابطه مستقیم با شعاع اتمی عنصرها دارد و جفت الکترون ناپیوندی (تنها) تحت تاثیر یک هسته بوده آزادی تحرک بیش‌تری داشته لذا بر قطبیت مولکول، زاویه‌ی پیوندی و شکل هندسی تأثیر دارد. به عنوان یک مثال دو مولکول متان و آمونیاک را در نظر بگیرید.

مولکول متان  ، ناقطبی است و زاویه پیوندی آن °۱۰۹/۵ است و شکل هندسی آن چهار وجهی منتظم است. اما آمونیاک  قطبی است، زاویه‌ی پیوندی آن °۱۰۷ و شکل آن هرم با قاعده سه ضلعی است.

۷۴۶- در مولکول کدام ترکیب، نسبت شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی لایه‌ی ظرفیت اتم‌ها به شمار جفت الکترون‌های پیوندی، از سه ترکیب دیگر بیش‌تر است؟

۱) گوگرد (IV) فلوئورید ۲) نیتروژن تری‌فلوئورید ۳) گوگرد تری اکسید ۴) کربن دی سولفید

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. به جدول زیر توجه کنید:

ساختار لوییس				
جفت الکترون های ناپیوندی لایه ی ظرفیت اتم ها / جفت الکترون پیوندی لایه ی ظرفیت اتم ها	۳۹/۱۲ _ ۱۳/۴	۴۰/۱۲ _ ۱۰/۳	۲۴/۱۲ _ ۸/۴	۱۲/۱۲ _ ۴/۴

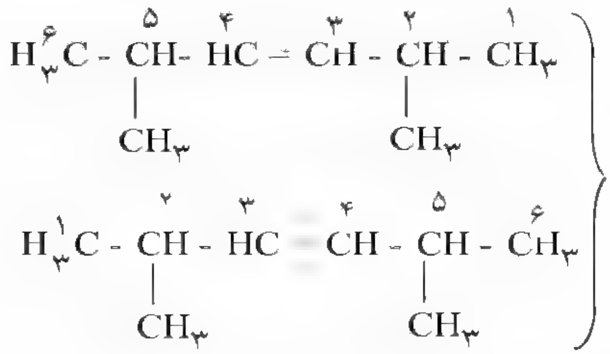
۷۴۷- در نام‌گذاری کدام آلکن، اتم‌های کربن زنجیر اصلی را می‌توان از هر دو سوی مولکول شماره‌گذاری کرد؟

۱) ۲ ، ۳ - دی متیل - ۲ - پنتن　　　　۲) ۲ ، ۴ - دی متیل - ۲ - هگزن

۳) ۲ ، ۴ - دی متیل - ۲ - پنتن　　　　۴) ۲، ۵ - دی متیل - ۳ - هگزن

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. در آلکن‌های متقارن، می‌توان مولکول را از هر دو سو شماره‌گذاری کرد.





۲ و ۵- دی متیل - ۳ - هگزن

۷۴۸- اگر در مولکول متانال، اتم اکسیژن با گروه $O = C$ جایگزین شود، کدام ترکیب به دست می‌آید و در مولکول آن، چند جفت الکترون پیوندی شرکت دارد؟

۱) کتن - ۶　　　۲) کتن - ۴　　　۳) متانوییک اسید - ۶　　　۴) متانوییک اسید - ۴

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است.

۷۴۹- ۲۴/۵ گرم سولفوریک اسید را با ۰/۲ مول آلومینیوم فسفات مخلوط و گرم می‌کنیم تا با هم واکنش دهند. واکنش‌دهنده‌ی محدودکننده کدام است و به تقریب چند گرم فسفریک اسید تشکیل می‌شود؟

$\left(H = ۱ \, , \, O = ۱۶ \, , \, P = ۳۱ \, , \, S = ۳۲ : g.mol^{-۱}\right)$

۱) سولفوریک اسید، ۲۴/۵　۲) سولفوریک اسید، ۱۶/۳　۳) آلومینیوم فسفات، ۱۹/۶　۴) آلومینیوم فسفات، ۲۹/۴

گزینه ی۲ پاسخ صحیح است. چون $\frac{۱}{۱۰} > \frac{۱}{۱۲}$ پس $H_۲SO_۴$ محدودکننده است.

$$۲AlPO_۴ + ۳H_۲SO_۴ \rightarrow ۲H_۳PO_۴ + Al_۲(SO_۴)_۳$$

$$H_۲SO_۴ : ۲۴/۵ \text{ g } H_۲SO_۴ \times \frac{۱ \text{ mol } H_۲SO_۴}{۹۸ \text{ g } H_۲SO_۴} - \frac{۱}{۴} \text{ mol } H_۲SO_۴ \xrightarrow{\div ۳} \frac{۱}{۱۲}$$

$$AlPO_۴ : ۰/۲ \text{ mol } AlPO_۴ \xrightarrow{\div ۲} \frac{۱}{۱۰}$$

۷۵۰- در ۲۵ میلی‌لیتر محلول ۳۴ درصد جرمی آمونیاک با چگالی $۰/۹۸\ g.mL^{-1}$ ، چند مول آمونیاک وجود دارد و این محلول چند مولار است؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید). $(H = ۱\ ,\ N = ۱۴:\ g.mol^{-1})$

۱) ۰/۴۹ ، ۱۵/۷ ۲) ۰/۴۹ ، ۱۹/۶ ۳) ۰/۵۲ ، ۱۵/۷ ۴) ۰/۵۲ ، ۱۹/۶

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است.

$$C_M = \frac{۱۰\ ad}{M} = \frac{۱۰ \times ۳ \times ۰/۹۸}{۱۷} = ۱۹/۶\ mol\ .\ L^{-1}$$

$$C_M = \frac{n}{V(L)} \rightarrow ۱۹/۶ = \frac{n}{\frac{۱}{۱۰}} \rightarrow n = ۱۹/۶ \times \frac{۱}{۱۰} = ۰/۴۹\ mol$$

۷۵۱- برای تهیه‌ی ۱۴/۲ لیتر گاز کلر از واکنش منگنز دی‌اکسید با هیدروکلریک اسید، چند گرم منگنز دی‌اکسید با خلوص ۷۵ درصد لازم است؟ (چگالی گاز کلر در شرایط آزمایش برابر $۱/۲۵\ g.L^{-1}$ است.) $(O = ۱۶,\ Cl = ۳۵/۵\ ,\ Mn = ۵۵\ :\ g.mol^{-1})$

۱) ۲۷ ۲) ۲۸/۵ ۳) ۲۹ ۴) ۳۰/۸

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است.

$$\underset{xg \times \frac{۷۵}{۱۰۰}}{\overset{۸۷}{MnO_۲}} + ۴HCl \rightarrow MnCl_۲ + \underset{۱۴/۲ \times ۱/۲۵g}{\overset{۷۱}{Cl_۲}} + ۲H_۲O$$

$$\frac{۸۷}{x \times \frac{۷۵}{۱۰۰}} = \frac{۷۱}{۱۴/۲ \times ۱/۲۵} \Rightarrow x = ۲۹$$

۷۵۲- $۹/۰۳۳ \times ۱۰^{۲۲}$ اتم آهن، برابر چند مول آهن است و در واکنش با مقدار کافی سولفوریک اسید، چند لیتر گاز هیدروژن آزاد می‌سازد؟ (چگالی گاز هیدروژن در شرایط واکنش برابر $۰/۸\ g.L^{-1}$ است، گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید.)

۱) ۰/۱۸ - ۴/۵ ۲) ۰/۱۸ - ۳/۹ ۳) ۰/۱۵ - ۳/۲۵ ۴) ۰/۱۵ - ۳/۷۵

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است.

(استوکیومتری)

$$۹/۰۳۳ \times ۱۰^{۲۲}\ Fe\ \text{اتم} \times \frac{۱\ mol\ Fe}{۶/۰۲۲ \times ۱۰^{۲۳}\ Fe} = ۰/۱۵\ mol\ Fe$$

$$Fe + H_۲SO_۴ \rightarrow FeSO_۴ + H_۲$$

$$LH_۲\ ?:\ ۰/۱۵\ mol\ Fe \times \frac{۱\ mol\ H_۲}{۱mol\ Fe} \times \frac{۲g\ H_۲}{۱\ mol\ H_۲} \times \frac{۱\ LH_۲}{۰/۰۸\ g\ H_۲} = ۳/۷۵\ LH_۲$$

۷۵۳- اگر ΔH° سوختن متانول برابر $-۷۰۰ \; kJ.mol^{-۱}$ باشد، چند گرم از آن باید بسوزد تا گرمای آزاد شده بتواند ۱۲۵ گرم آب با دمای $۱۰^\circ C$ را در فشار ۱ atm به جوش آورد؟

$\left(c_{(آب)} = ۴/۲ \; g^{-۱۰} . C^{-۱} , O = ۱۶ , C = ۱۲ , H = ۱ : g.mol^{-۱}\right)$

۱) ۲/۱۶ ۲) ۱/۶۸ ۳) ۲/۵۲ ۴) ۳/۳۶

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است.

$$Q = m.c \; \Delta\theta = ۱۲۵ \times ۴/۲ \times (۱۰۰ - ۱۰) = ۴۷۲۵۰$$

$$CH_۳OH + \frac{۳}{۲} O_۲ \rightarrow CO_۲ + ۲H_۲O \; \Delta H = -۷۰۰ \; kJ$$

$$\begin{matrix} ۳۲ \; g & ۷۰۰ \; kj \\ x & ۴۷/۲۵ \end{matrix} \rightarrow x = ۲/۱۶۰ \; g$$

۷۵۴- ΔH واکنش: $۲NH_۳(g) + ۲CH_۴(g) + ۳O_۲(g) \rightarrow ۲HCN \; (g) + ۶H_۲O \; (l)$، برابر چند کیلوژول است و اگر $۸/۵ \; g$ آمونیاک در واکنش شرکت کند، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟ ΔH تشکیل $NH_۳(g)$ و $CH_۴(g)$, $HCN \; (g)$ و $H_۲O \; (l)$ را به ترتیب برابر ۴۶- ، ۷۵- ، ۱۳۰/۵+ و ۲۸۶- کیلوژول بر مول در نظر بگیرید. $\left(H = ۱ , N = ۱۴ : g.mol^{-۱}\right)$

۱) ۱۲۱۳- ، ۲۰۲/۲۵ ۲) ۱۲۱۳ - ، ۳۰۳/۲۵ ۳) ۱۳۱۳- ، ۲۴۵/۳۵ ۴) ۱۳۱۳- ، ۳۴۵/۳۵

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است.

$$۲NH_{۳(g)} + ۲CH_{۴(g)} + ۳O_{۲(g)} \rightarrow ۲HCN_{(g)} + ۶H_۲O_{(l)}$$

$\Delta H =$ (گرمای تشکیل مولی فرآورده‌ها) - (گرمای تشکیل مولی واکنش‌دهنده‌ها)

$$\Delta H = [۲ \; (+۱۳۰/۵) + ۶ \; (-۲۸۶)] - [۲(-۴۶) + ۲(-۷۵)]$$

$$۲۶۱ - ۱۷۱۶ + ۹۲ + ۱۵۰ = -۱۲۱۳$$

$$۸/۵ \; gNH_۳ \times \frac{۱ \; mol \; NH_۳}{۱۷ \; g \; NH_۳} \times \frac{۱۲۱۳KJ}{۲ \; mol \; NH_۳} = ۳۰۳/۲۵ \; KJ$$

۷۵۵- کدام گزینه نادرست است؟ (ظرفیت گرمایی ویژه آب و مس را به ترتیب ۴/۲ و ۰/۴ ژول بر گرم بر درجه سلسیوس در نظر بگیرید.)

۱) ظرفیت گرمایی ویژه هر ماده برعکس ظرفیت گرمایی آن به مقدار آن بستگی ندارد.

۲) ظرفیت گرمایی ۹ گرم آب، ۱۰ برابر ظرفیت گرمایی ۹/۴۵ گرم مس در دمای یکسان است.

۳) ترمودینامیک، روش بررسی تبدیل شکل‌های گوناگون انرژی به یکدیگر و راه‌های انتقال آن‌هاست.

۴) ظرفیت گرمایی یک سانتی‌متر مکعب بخار آب از ظرفیت گرمایی یک میلی‌لیتر آب در دما و فشار اتاق بیش‌تر است.

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. ظرفیت گرمایی H_2O در سه حالت جامد، مایع و گاز متفاوت است.

$H_2O_{(g)} < H_2O_{(s)} < H_2O_{(l)}$

جرم × ظرفیت گرمایی ویژه = ظرفیت گرمایی

مس = ۰/۴ × ۹/۴۵ = ۳/۷۸

آب = ۴/۲ × ۹ = ۳۷/۸

بنابراین ظرفیت گرمایی ۹ گرم آب، ۱۰ برابر ظرفیت گرمایی ۹/۴۵ گرم مس در دمای یکسان است.

۷۵۶- با توجه به واکنش‌های زیر:

$$(a)\ O_2(g) + 2ClF\,(g) \rightarrow Cl_2O\,(g) + OF_2(g) \quad , \quad \Delta H = +168\ kJ$$

$$(b)\ O_2(g) + 2F_2\,(g) \rightarrow 2OF_2(g) \quad , \quad \Delta H = -44\ kJ$$

$$(c)\ 2ClF_3(l) + 2O_2\,(g) \rightarrow Cl_2O(g) + 3OF_2(g) \quad , \quad \Delta H = +394\ kJ$$

ΔH واکنش تولید $ClF_3(l)$ از گازهای ClF و F_2 برابر چند کیلوژول است؟

۱) ۱۳۵-　　۲) ۲۷۰-　　۳) ۵۱۸+　　۴) ۲۵۹+

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است.

از آن جا که باید ΔH واکنش روبه‌رو محاسبه شود: $ClF + F_2 \rightarrow ClF_3$

واکنش a را در $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم. $\frac{1}{2}O_{2(g)} + ClF_{(g)} \rightarrow \frac{1}{2}Cl_2O_{(g)} + \frac{1}{2}OF_{2(g)} \quad \Delta H_1 = \frac{1}{2}(168)$

واکنش B را در $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کیم. $\frac{1}{2}O_{2(g)} + F_{2(g)} \rightarrow OF_{2(g)} \quad \Delta H_2 = \frac{1}{2}(-44)$

و واکنش C را معکوس کرده و در $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم.

$$\frac{1}{2}Cl_2O_{(g)} + \frac{3}{2}OF_{2(g)} \rightarrow ClF_{2(l)} + O_{2(s)} \qquad \Delta H_3 = \frac{1}{2}(-394)$$

$$ClF_{(g)} + F_{2(g)} \rightarrow ClF_{3(l)}$$

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = 84 + (-22) + (-197) = -135\ Kj$$

۷۵۷- اگر چگالی یک نمونه محلول ۶ مولار سولفوریک اسید برابر $۱/۵\ g.mL^{-1}$ در نظر گرفته شود، مولالیته تقریبی آن، کدام است؟ $(H = ۱ , O = ۱۶ , S = ۳۲ : g.mol^{-1})$

۱) ۶/۵۸ ۲) ۶/۸ ۳) ۵/۲۵ ۴) ۵/۴۶

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. محلول ۶ مولار سولفوریک اسید یعنی ۶ مول اسید معادل $(۶ \times ۹۸ = ۵۸۸\ g)$ اسید در ۱ لیتر محلول

$$\text{محلول}\ ۱\ L \times \frac{\text{محلول}\ ۱۰۰۰\ mL}{\text{محلول}\ ۱\ L} \times \frac{\text{محلول}\ ۱/۵}{\text{محلول}\ ۱\ mL} = ۱۵۰۰\ g\ \text{محلول}$$

$$\text{محلول} = \text{حلال} + \text{حل شونده} \rightarrow ۱۵۰۰ = \text{حلال} + ۵۸۸ \rightarrow \text{حلال} = ۹۱۲\ g$$

مولالیته یعنی تعداد مول حل شونده در ۱۰۰۰ g حلال پس:

$$\text{حلال}\ ۱۰۰۰\ g \times \frac{\text{حل شونده}\ ۶\ mol}{\text{حلال}\ ۹۱۲\ g} = ۶/۵۸\ mol$$

یعنی مولالیته آن ۶/۵۸ است.

۷۵۸- کدام گزینه درست است؟ $(H = ۱ , C = ۱۲ , O = ۱۶ : g.mol^{-1})$

۱) کربنات فلزهای قلیایی خاکی مانند کربنات فلزهای قلیایی در آب حل می‌شوند.

۲) مخلوطی با جرم برابر آب، باریم سولفات و استون دارای دوفصل مشترک است.

۳) تفاوت جرم مولی فنول و تولوئن برابر تفاوت جرم مولی متانول و متانال است.

۴) انحلال‌پذیری اتانول در حلال‌های ناقطبی از انحلال‌پذیری هگزانول در این حلال‌ها بیش‌تر است.

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به فرمول مولکولی فنول $(C_۶H_۵OH)$ و تولوئن $(C_۶H_۵CH_۳)$، تفاوت جرم مولی آن‌ها برابر $(OH) - (CH_۳) = ۱۷ - ۱۵ = ۲g$ می‌باشد. همچنین تفاوت جرم مولی متانول $(CH_۳OH)$ و متانال $(HCHO)$ نیز در ۲ اتم هیدروژن یعنی ۲g است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

«گزینه‌ی ۱» کربنات‌های قلیایی و آمونیوم در آب محلول هستند و بقیه نامحلول.

«گزینه‌ی ۲» استون پروپانون در آب محلول است، اما باریم سولفات در آب نامحلول است و به صورت جامد باقی می‌ماند بنابراین مخلوط شامل ۲ فاز و یک فصل مشترک است.

«گزینه‌ی ۴» انحلال‌پذیری هگزانول در حلال‌های ناقطبی از انحلال‌پذیری اتانول در حلال ناقطبی بیش‌تر است.

با افزایش زنجیره هیدروکربنی (بخش ناقطبی) انحلال‌پذیری در حلال‌های ناقطبی افزایش می‌یابد.

۷۵۹- ۸/۴ گرم پتاسیم هیدروکسید $(M=۵۶\ g.mol^{-۱})$ به ۱۵۰ g آب درون یک گرماسنج اضافه شده است. اگر دمای اولیه همه‌ی مواد برابر $۲۵^\circ C$ باشد و ظرفیت گرمایی ویژه آب و پتاسیم هیدروکسید به ترتیب ۴/۲ و ۱ ژول بر گرم بر درجه‌ی سلسیوس و دمای سامانه پس از رسیدن به تعادل، $۴۰^\circ C$ باشد، مقدار گرمای انحلال KOH، به تقریب چند $kJ.mol^{-۱}$ است؟ (از گرمای جذب شده به وسیله‌ی بدنه‌ی گرماسنج صرف‌نظر شود.)

۱) ۵۹/۸ ۲) ۵۶ ۳) ۶۳/۸ ۴) ۷۵

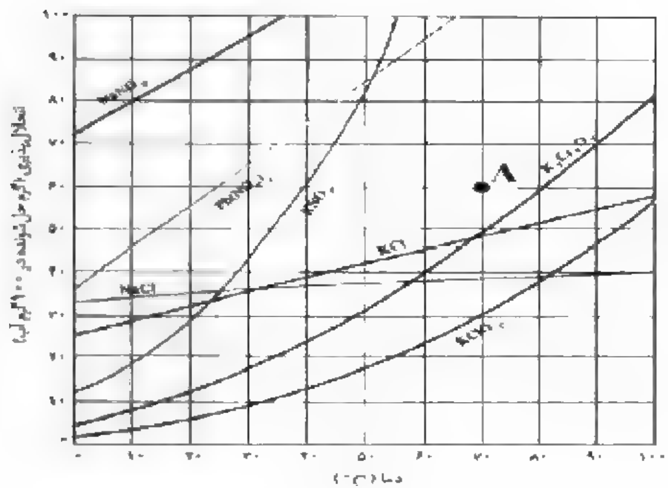
گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. گرمای انحلال از مجموع گرمای مبادله شده آب و پتاسیم هیدروکسید به دست می‌آید.

$$Q=(m.c.\Delta\theta)_{H_۲O}+(m.c.\Delta\theta)_{KOH}$$

$$Q=(۱۵۰\times ۴/۲\times ۱۵)+(۸/۴\times ۱\times ۱۵)=۹۵۷۶\ J$$

$$۱\ mol\ KOH\times\frac{۵۶\ g\ KOH}{۱\ mol\ KOH}\times\frac{۹۵۷۶\ J}{۸/۴\ gKOH}\times\frac{۱kg}{۱۰۰۰\ g}=۶۳/۸\ kJ$$

۷۶۰- اگر با توجه به شکل زیر، محلول با مشخصات A از چهار ترکیب داده شده در گزینه‌ها، در چهار ظرف جداگانه، هر یک دارای ۱۰۰ g آب، در دمای $۷۰^\circ C$ تهیه شود و سپس دمای محلول تا $۲۰^\circ C$ کاهش داده شود، در ظرف محتوی کدام ماده کم‌ترین مقدار رسوب تشکیل می‌شود و وزن رسوب تشکیل شده به تقریب چند گرم است؟



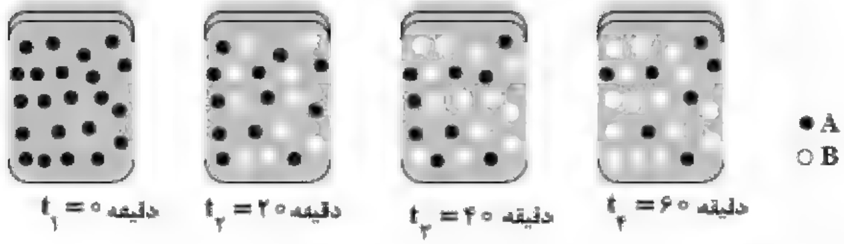
۱) پتاسیم کلرید، ۲۸
۲) سدیم نیترات، صفر
۳) پتاسیم دی کرومات، ۴۸
۴) سرب (II) نیترات، ۵

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است.

- هنگامی که ۱۶۰ g محلول KCl را از دمای $۷۰^\circ C$ به $۲۰^\circ C$ می‌رسانیم حدود ۲۸ g رسوب تشکیل می‌شود.
- هنگامی که ۱۶۰ g محلول $NaNO_۳$ را از دمای $۷۰^\circ C$ به $۲۰^\circ C$ می‌رسانیم هیچ رسوبی تشکیل نمی‌شود، زیرا هنوز محلول سیر نشده است.
- هنگامی که ۱۶۰ g محلول $K_۲Cr_۲O_۷$ را از دمای $۷۰^\circ C$ به $۲۰^\circ C$ می‌رسانیم حدود ۴۸ گرم رسوب تشکیل می‌شد.
- هنگامی که ۱۶۰ g محلول $Pb(NO_۳)_۲$ را از دمای $۷۰^\circ C$ به $۲۰^\circ C$ می‌رسانیم تقریباً ۵ گرم رسوب تشکیل می‌شود.

با توجه به این قسمت سؤال «... در ظرف محتوی کدام ماده کم‌ترین مقدار رسوب تشکیل می‌شود و وزن رسوب تشکیل شده به تقریب چند گرم است؟» از آن جا که در گزینه‌ی «۲» رسوبی تشکیل نشده است (مقدار رسوب صفر است) می‌توان سایر گزینه‌ها را مقایسه کرد و کم‌ترین رسوب را از بین گزینه‌هایی انتخاب کرد که رسوب تشکیل داده‌اند. در این صورت پاسخ گزینه‌ی «۴» است.

۷۶۱- با توجه به شکل زیر، که به واکنش فرضی $A \rightarrow B$ در یک ظرف ۴ لیتری مربوط است، سرعت متوسط واکنش در فاصله زمانی $t_۲$ تا $t_۳$ چند $mol.L^{-۱}.min^{-۱}$ و چند برابر سرعت متوسط آن در فاصله‌ی زمانی $t_۳$ تا $t_۴$ است؟ (هر گوی هم‌ارز ۰/۰۵ مول از هر ماده است.)



۱) $۱/۵\ ,\ ۷/۵ \times ۱۰^{-۳}$ ۲) $۱/۵\ ,\ ۱/۸۷۵ \times ۱۰^{-۳}$ ۳) $۳\ ,\ ۱/۸۷۵ \times ۱۰^{-۳}$ ۴) $۳\ ,\ ۷/۵ \times ۱۰^{-۳}$

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است.

$$RA(t_۲ - t_۳) = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{-\frac{(۹-۱۲) \times ۰/۰۵\ mol}{۴L}}{۲۰\ min} = ۱/۸۷۵ \times ۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}\ min^{-۱}$$

$$RA(t_۲ - t_۴) = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{\frac{(۷-۹) \times ۰/۰۵\ mol}{۴L}}{۲۰\ min}$$

$$\frac{RA(t_۲ - t_۳)}{RA(t_۳ - t_۴)} = \frac{\frac{۳ \times ۰/۰۵}{۴ \times ۲۰}}{\frac{۲ \times ۰/۰۵}{۴ \times ۲۰}} = \frac{۳}{۲} = ۱/۵$$

۷۶۲- با توجه به ساز و کار داده شده، معادله کلی واکنش مربوط کدام است؟

$$(۱)\ ۲NO(g) \rightarrow N_۲O_۲(g)$$
$$(۲)\ ۲H_۲(g) \rightarrow ۴H(g)$$
$$(۳)\ N_۲O_۲(g) + H(g) \rightarrow N_۲O(g) + HO(g)$$
$$(۴)\ ۲HO(g) + ۲H(g) \rightarrow ۲H_۲O(g)$$
$$(۵)\ H(g) + N_۲O(g) \rightarrow HO(g) + N_۲(g)$$

۱) $۲OH(g) + ۲H(g) \xrightarrow{N_۲O_۲(g)} ۲H_۲O(g)$

۲) $N_۲O_۲(g) + ۲H(g) \rightarrow N_۲O(g) + H_۲O(g)$

۳) $۲NO(g) + H_۲(g) \rightarrow N_۲O(g) + H_۲O(g)$

۴) $۲NO(g) + ۲H_۲(g) \rightarrow N_۲(g) + ۲H_۲O(g)$

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است.

$$(۱)\ ۲NO(g) \rightarrow \cancel{N_۲O_۲}(g)$$
$$(۲)\ ۲H_۲(g) \rightarrow \cancel{۴H(g)}$$
$$(۳)\ \cancel{N_۲O_۲}(g) + \cancel{H(g)} \rightarrow \cancel{N_۲O}(g) + \cancel{HO(g)}$$
$$(۴)\ ۲\cancel{HO(g)} + ۲\cancel{H(g)} \rightarrow ۲H_۲O(g)$$
$$(۵)\ \cancel{H(g)} + \cancel{N_۲O}(g) \rightarrow \cancel{HO}(g) + N_۲(g)$$
$$۲NO(g) + ۲H_۲(g) \rightarrow N_۲(g) + ۲H_۲O(g)$$

۷۶۳- کدام گزینه نادرست است؟

۱) بلورها توانایی زیادی برای جذب سطحی مواد گازی شکل موجود در هوا دارند.

۲) در واکنش تجزیه پتاسیم کلرات در اثر گرما، منگنز دی‌اکسید نقش کاتالیزگر ناهمگن را دارد.

۳) در واکنش هیدروژن‌دار شدن کاتالیزوری آلکن‌ها، اندازه ذرات کاتالیزگر، نقشی در سرعت واکنش ندارد.

۴) در واکنش تجزیه $N_۲O$ در سطح کاتالیزگر طلا که از مرتبه صفر است، با دو برابر کردن غلظت $N_۲O$ ، سرعت واکنش ثابت می‌ماند.

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. واکنش هیدروژن‌دار شدن در حضور گرد ریز نیکل و پالادیم و پلاتین به عنوان کاتالیزگر، سریع انجام می‌شود. بنابراین اندازه ذرات کاتالیزگر در سرعت این واکنش نقش دارند.

۷۶۴- واکنش $AB_۲(g) \rightarrow A(g) + ۲B(g)$ ، به صورتی پیش می‌رود که در هر ساعت غلظت ماده‌ی اولیه نصف می‌شود. اگر غلظت ماده اولیه برابر $۱mol.L^{-۱}$ باشد، برای تجزیه ۹۳/۷۵% مولکول‌های $AB_۲$ ، چند ساعت زمان لازم است؟

۱) ۴ ۲) ۵ ۳) ۸ ۴) ۱۰

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. وقتی ۹۳/۷۵ % ماده $AB_۲$ تجزیه شده است یعنی ۶/۲۵% از آن باقی مانده است.

$$\frac{۶/۲۵}{۱۰۰} = \frac{۱}{۱۶}$$

بنابراین $\frac{۱}{۱۶}$ آن باقی مانده است.

$$۱\ mol \xrightarrow{۱\ h} \frac{۱}{۲}\ mol \xrightarrow{۱\ h} \frac{۱}{۴}\ mol \xrightarrow{۱\ h} \frac{۱}{۸}\ mol \xrightarrow{۱\ h} \frac{۱}{۱۶}\ mol$$

یعنی ۴h زمان لازم است تا مقدار $AB_۲$ به مقدار $\frac{۱}{۱۶}$ مول برسد.

۷۶۵- در یک آزمایش، ۰/۵ مول $N_۲(g)$ ، ۰/۵ مول $O_۲(g)$ و۰/۲۵ مول $NO(g)$ در یک ظرف به حجم ۲۵۰ mL وارد و تا رسیدن به تعادل: $N_۲(g) + O_۲(g) \rightleftharpoons ۲NO(g)\ ,\ K = ۴ \times ۱۰^{-۴}$ ، گرم شده‌اند، غلظت گاز NO هنگام تعادل، به تقریب چند $mol.L^{-۱}$ است؟

۱) ۱/۱ ۲) ۱/۰۵ ۳) ۰/۰۵ ۴) ۰/۱

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. از آن جا که همه مواد موجود در تعادل، مقدار اولیه دارند، ابتدا Q (خارج قسمت واکنش) را به دست می‌آوریم و با K مقایسه می‌کنیم تا جهت پیشرفت تعادل را مشخص کنیم. غلظت‌های اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$[N_۲] = \frac{۰/۵}{۰/۲۵} = ۲M \quad و \quad [O_۲] = \frac{۰/۵}{۰/۲۵} = ۲M \quad و \quad [NO] = \frac{۰/۲۵}{۰/۲۵} = ۱\ M$$

$$Q = \frac{[NO]^۲}{[N_۲][O_۲]} = \frac{۱}{۲ \times ۲} = \frac{۱}{۴} = ۰/۲۵$$

از آنجا که $K < Q$ است، واکنش در جهت برگشت پیشرفت می‌کند تا به تعادل برسد. ($\rightleftharpoons$)

$$N_۲ + O_۲ \rightleftharpoons ۲NO$$

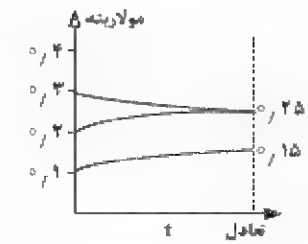
	$N_۲$	$O_۲$	$۲NO$
غلظت اولین	۲	۲	۱
تغییر غلظت	+x	+x	-۲x
غلظت تعادلی	۲ + x	۲ + x	۱ - ۲x

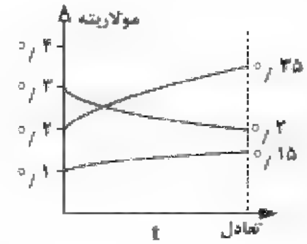
$$K = \frac{[NO]^۲}{[N_۲][O_۲]} \rightarrow ۴ \times ۱۰^{-۴} = \frac{(۱-۲x)^۲}{(۲+x)^۲} \rightarrow ۲ \times ۱۰^{-۲} = \frac{۱ - ۲x}{۲ + x} \rightarrow ۰/۰۴ + ۰/۰۲x = ۱ - ۲x$$

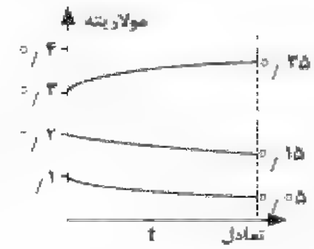
$$\rightarrow ۲/۰۲x = ۰/۹۶ \rightarrow x = \frac{۹۶}{۲۰۲}$$

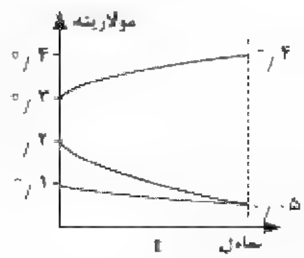
$$[NO] = ۱ - ۲x = ۱ - ۲\left(\frac{۹۶}{۲۰۲}\right) = ۰/۰۴۹ \approx ۰/۰۵\ mol.L^{-۱}$$

۷۶۶- اگر براساس واکنش: $A(g) + ۳B(g) \rightleftharpoons ۲C(g)\ ,\ K = ۶/۲۲\ L^{۲}\ .\ mol^{-۲}$ ، به ترتیب ۰/۱ ، ۰/۲ و ۰/۳ مول از مواد $A(g)$ ، $B(g)$ و $C(g)$ در ظرف یک لیتری وارد شوند، کدام نمودار درباره تغییر غلظت آن‌ها درست است؟

۱)


۲)


۳)


۴)


گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا Q را محاسبه می‌کنیم تا در مقایسه با K ، جهت پیشرفت واکنش مشخص می‌شود.

$$Q = \frac{[C]^{۲}}{[A][B]^{۳}} = \frac{\frac{۳}{۱۰} \times \frac{۳}{۱۰}}{\frac{۱}{۱۰} \times \frac{۲}{۱۰} \times \frac{۲}{۱۰} \times \frac{۲}{۱۰}} = \frac{۹۰۰}{۸} = ۱۱۲/۵\ L^{۲}\ .mol^{-۲}$$

$Q > K$ پس واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و $[C]$ کاهش یافته و $[A]$ و $[B]$ افزایش می‌یابد. بنابراین گزینه‌ی ۳ و ۴ رد می‌شود. اما از آنجا که ضریب B ، ۳ و ضریب A ، ۱ می‌باشد افزایش غلظت B ، ۳ برابر A است، یعنی زمانی که $[A]$ ، ۰/۰۵ افزایش می‌یابد غلظت B باید $۰/۱۵ = ۰/۰۵ \times ۳$ افزایش یافته و از ۰/۲ به ۰/۳۵ برسد. یعنی گزینه‌ی ۲ درست است.

۷۶۷- استرها، در آب بر اثر یک واکنش .... و .... به کربوکلسیلیک اسیدها و............ تبدیل می‌شوند.

۱) برگشت‌پذیر - بسیار آهسته - الکل‌ها
۲) برگشت‌پذیر - سریع - گلیسرین
۳) برگشت‌ناپذیر - بسیار آهسته - الکل‌ها
۴) برگشت‌ناپذیر - سریع- گلیسرین

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. واکنش استری شدن، برگشت‌پذیر و آهسته است.

اسید + الکل $\rightleftharpoons$ استر + آب

۷۶۸- pH دو لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۰/۰۱ مولار، با افزودن چند گرم پتاسیم هیدروکسید $(M= ۵۶\ g.mol^{-۱})$ به تقریب دو برابر می‌شود؟

۱) ۰/۵ ۲) ۰/۵۵ ۳) ۱/۰۰ ۴) ۱/۱۱

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. pH محلول هیدروکلریک اسید اولیه را به دست آوریم:

$۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۲} \rightarrow pH = ۲$

$pH = ۲ \times ۲ = ۴$ جدید

غلظت محلول اسید حاصل: $۱۰^{-pH} = M.n.\alpha \rightarrow ۱۰^{-۴} = M \times ۱ \times ۱ \rightarrow M = ۱۰^{-۴} mol.L$

$$۲LHCl \times \frac{۰/۰۱\ mol\ HCl}{۱\ LHCl} = ۰/۰۲\ mol\ HCl$$

$$۲\ LHCl \times \frac{۰/۰۰۰۱\ mol\ HCl}{۱\ LHCl} = ۰/۰۰۰۲\ mol\ HCl$$

$۰/۰۲ - ۰/۰۰۰۲ = ۱۹۸ \times ۱۰^{-۴}\ mol\ HCl$ (اسید مصرف شده)

$$۱۹۸ \times ۱۰^{-۴}\ mol\ HCl \times \frac{۱\ mol\ KOH}{۱\ mol\ HCl} \times \frac{۵۶g\ KOH}{۱\ mol\ KOH} = ۱/۱$$

۷۶۹- به تقریب چند گرم از باز ضعیف $BOH(s)$ $(M= ۸۰\ g.mol^{-۱})$ با درصد تفکیک ۲% باید به ۲۵۰ mL آب اضافه شود تا محلولی با pH = ۱۱ به دست آید؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۸

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است.

$$PH = ۱۱ \rightarrow POH = ۳ \rightarrow ۱۰^{-POH} = M.n.\alpha \rightarrow ۱۰^{-۳} = M \times ۱ \times ۲ \times ۱۰^{-۲}$$

$$M = \frac{۱}{۲} \times ۱۰^{-۱} = ۰/۵ \times ۱۰^{-۱} = ۵ \times ۱۰^{-۲}$$

$$M = \frac{n}{V} \rightarrow ۵ \times ۱۰^{-۲} = \frac{\frac{x}{۸۰}}{\frac{۱}{۴}} \rightarrow x = ۱g$$

۷۷۰- کدام گزینه درباره‌ی تهیه‌ی فلز سدیم در سلول دانز مطابق شکل روبه‌رو، نادرست است؟

۱) C ، آند این سلول، از جنس گرافیت و B کاتد از جنس آهن است.

۲) به ازای تولید هر مول فلز سدیم، نیم مول گاز کلر تشکیل می‌شود.

۳) سدیم مذاب به دست آمده، در ظرف A درون آب سرد جمع‌آوری می‌شود.

۴) برای پایین آوردن دمای ذوب سدیم کلرید مقداری کلسیم کلرید به آن می‌افزایند.

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. سدیم حتی با آب سرد به شدت واکنش می‌دهد و نمی‌توان آن را درون آب، جمع‌آوری کرد.

۷۷۱- اگر E° واکنش: $A^{2+}(aq) + B(s) \rightarrow B^{2+}(aq) + A(s)$ ، منفی و E° واکنش: $B(s) + D^{2+}(aq) \rightarrow B^{2+}(aq) + D(s)$ ، مثبت باشد، کدام گزینه همواره درست است؟

۱) ترتیب کاهندگی این فلزها، به صورت $D > A > B$ است.

۲) ترتیب اکسندگی کاتیون‌های سه فلز، به صورت $A^{2+} > D^{2+} > B^{2+}$ است.

۳) واکنش: $A(s) + D^{2+}(aq) \rightarrow A^{2+}(aq) + D(s)$ ، در شرایط استاندارد، خود به خودی است.

۴) اگر پتانسیل کاهشی استاندارد الکترود D ، برابر ۰/۳۳+ ولت باشد، فلز A با محلول هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهد.

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. از آنجا که واکنش $A^{2+}_{(aq)} + B_{(s)} \rightarrow B^{2+}_{(aq)} + A_{(s)}$ ، انجام‌ناپذیر است بنابراین در سری الکتروشیمیایی موقعیت A از B بالاتر است و با توجه به واکنش $B_{(s)} + D^{2+}_{(aq)} \rightarrow B^{2+}_{(aq)} + D_{(s)}$ انجام‌پذیر است پس موقعیت B از D بالاتر است. پس ترتیب کاهندگی این فلزها $D < B < A$ و ترتیب اکسندگی کاتیون‌های سه فلز $D^{2+} > B^{2+} > A^{2+}$ است.

۷۷۲- اگر در سلول استاندارد روی - جیوه، به جای الکترود استاندارد جیوه، الکترود استاندارد آهن قرار داده شود، کدام تغییر روی خواهد داد؟ (E° الکترودهای استاندارد روی، جیوه و آهن به ترتیب برابر ۰/۷۶- ، ۰/۸۵+ و ۰/۴۴- ولت است).

۱) E° سلول به اندازه‌ی ۱/۲۹ ولت، کاهش می‌یابد. ۲) الکترود روی از آند به کاتد مبدل می‌شود.

۳) مقدار کاتیون $Zn^{2+}(aq)$ در محلول کاهش می‌یابد. ۴) جهت جریان الکترون در مدار بیرونی عوض می‌شود.

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است.

$E_{\text{سلول}} = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}}$

$E_{(Zn - Hg)} = E^\circ_{Hg} - E^\circ_{Zn} - ۰/۸۵ - (-۰/۷۶) = ۱/۶۱$ ولت

$E(Zn - Fe) = E^\circ_{Fe} - E^\circ_{Zn} = (-۰/۴۴) - (-۰/۷۶) = ۰/۳۲$ ولت

$۱/۶۱ - ۰/۳۲ = ۱/۲۹$ ولت

۷۷۳- دستگاه طیف بین، توسط .... کشف شد و به کمک آن معلوم شد که طیف نشری فلزها .... است و .... و جنس پرتوها در این دستگاه مشابه اشعه‌ی .... است.

۱) بونزن - خطی - هر فلز طیف نشری خطی ویژه خود را دارد - X

۲) رادرفورد - خطی - هر فلز، طیف نشری خطی ویژه خود را دارد - β

۳) رادرفورد - رنگی - همه فلزها، طیف نشری مشابه هم دارند - X

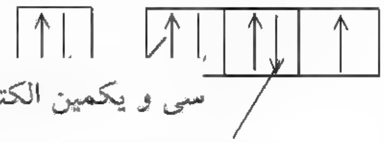
۴) بونزن - رنگی - همه فلزها، طیف نشری مشابه هم دانرد - β

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. دستگاه طیف بین، توسط رابرت بونزن کشف شد و به کمک آن معلوم شد طیف نشری فلزها خطی است و هر فلز طیف نشری خطی ویژه‌ی خود را دارد و جنس پرتوها در این دستگاه مشابه اشعه x است.

۷۷۴- سی و یکمین و سی و پنجمین الکترون در اتم $_{۳۵}Br$ ، در حالت پایه، در کدام دو عدد کوآنتومی با هم تفاوت دارند؟

۱) اصلی و اسپینی ۲) اصلی و اوربیتالی ۳) مغناطیسی و اسپینی ۴) مغناطیسی و اوربیتالی

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. آرایش الکترونی برم $(_{۳۵}Br)$ به صورت زیر است:



$_{۳۵}Br : [_{۱۸}Ar]\ ۳d^{۱۰}\ /\ ۴s^{۲}\ \ ۴p^{۵}$

سی و یکمین الکترون $\left(m_s = +\frac{۱}{۲}, m_l = -۱\right)$

سی و پنجمین الکترون $\left(m_s = -\frac{۱}{۲}, m_l = ۰\right)$

۷۷۵- عنصر X با ید $(_{۵۳}I)$ هم‌دوره و با کربن $(_{۶}C)$ در جدول تناوبی هم گروه است، کدام گزینه درباره‌ی آن نادرست است؟

۱) عدد اتمی آن برابر ۵۰ است.

۲) اکسیدهایی با فرمول عمومی XO و $XO_۲$ تشکیل می‌دهد.

۳) شمار اوربیتال‌های نیم پر لایه‌ی ظرفیت اتم آن در حالت پایه، دو برابر اوربیتال‌های جفت الکترونی این لایه است.

۴) عنصری شبه فلزی است و یون پایدار $X^{۴+}$ را آرایش الکترونی مشابه گاز نجیب $_{۳۶}Kr$ تشکیل می‌دهد.

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. عنصر X در دوره پنجم و گروه ۱۴ (IVA) قرار دارد. بنابراین عنصر مورد نظر $_{۵۰}Sn$ است. از آن جا که در گروه IVA جای دارد. اعداد اکسایش ۴+ و ۲+ داشته و می‌تواند اکسیدهایی با فرمول $XO_۲$ و XO تشکیل دهد. قلع فلز است. یعنی شبه فلز نیست و در ضمن فراموش نکنید هیچ عنصری در جدول تناوبی یون پایدار ۴ ± تشکیل نمی‌دهد. آرایش الکترونی لایه ظرفیت آن $۵s^{۲}\ ۵p^{۲}$ است. و تعداد اوربیتال‌های نیم‌پر لایه ظرفیت آن در حالت پایه، دو برابر اوربیتال‌های جفت الکترونی این لایه است.

۷۷۶- کدام گزینه درباره‌ی عنصرهای آکتینید، درست است؟

۱) عدد اتمی این عنصرها از ۵۸ تا ۷۱ می‌باشد.

۲) نخستین عنصر آن‌ها، آکتینیم است و همگی هسته ناپایداری دارند.

۳) در دوره‌ی هفتم جدول تناوبی جای دارند و زیر لایه‌ی ۴f اتم آن در حال پر شدن است.

۴) مهم‌ترین آن‌ها اورانیم است که پایدارترین ایزوتوپ آن نزدیک به ۴/۵ میلیارد سال پایدار است.

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. اکتینیم $(_{۸۹}Ac)$ ازعناصر واسطه خارجی است. اما بلافاصله بعد از آن از عنصر ۹۰ تا ۱۰۳، چهارده عنصر وجود دارد که زیر لایه‌ی ۵f آن‌ها پر می‌شود و اکتینید نام دارند. بنابراین خود $_{۸۹}Ac$ ، جزو اکتینیدها نمی‌باشد. همه‌ی اکتینیدها در دوره هفتم قرار دارند و همگی هسته ناپایداری دارند. مهم‌ترین اکتینید، اورانیوم است که عمر هسته پایدارترین ایزوتوپ آن نزدیک به ۴/۵ میلیارد سال است.

۷۷۷- عنصر A با عدد اتمی ۳۸ به احتمال زیاد با عنصر X با عدد اتمی .... واکنش داده و ترکیب ....با فرمول .... تشکیل می‌دهد.

۱) ۳۵ ، کووالانسی، A_2X ۲) ۳۵، یونی، AX_2

۳) ۱۶ ، کووالانسی، AX_2 ۴) ۱۶، یونی A_2X

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به‌آرایش $_{38}A : [_{36}Kr]\ 5s^2$ ، عنصر $_{38}A$ در گروه ۲ (IIA) قرار دارد و ظرفیت ۲+ دارد. با عناصر گروه ۱۶ و ۱۷، به ترتیب ترکیب‌هیا یونی AX و AX_2 تشکیل می‌دهد.

۷۷۸- کدام گزینه نادرست است؟ $\left(N = 14\ ,\ O = 16\ ,Mg = 24\ ,\ Al = 27\ ,\ Mn = 55 : g.mol^{-1}\right)$

۱) درصد جرمی نیتروژن در آلومینیوم نیترید بیش از دو برابر درصد جرمی نیتروژن در آلومینیوم نیترات است.

۲) انرژی شبکه‌ی بلور پتاسیم یدید از انرژی شبکه‌ی بلور لیتیم فلوئورید کم‌تر است.

۳) شبکه‌ی بلور یونی، آرایش سه بعدی منظم یون‌ها در بلور جامد یونی است.

۴) بیش از ۹ درصد جرم منیزیم پرمنگنات را منیزیم تشکیل می‌دهد.

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. بررسی گزینه‌ها:

۱) کم‌تر از دو برابر است:

$$\frac{\text{درصد جرمی N در AlN}}{\text{درصد جرمی N در } Al(NO_3)_3} = \frac{\frac{14}{41}\times 100}{\frac{3\times 14}{213}\times 100} = \frac{71}{41} = 1/730$$

۲) با افزایش شعاع یونی انرژی شبه بلور کاهش می‌یابد. شعاع یونی $Li^+ < K^+$ و شعاع یونی $F^{-1} < I^-$ است. بنابراین انرژی شبکه بلور $LiF > KI$ است.

۴)

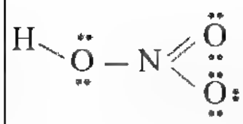
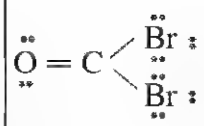
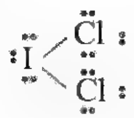
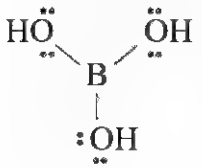
$$\text{درصد جرمی Mg در } Mg(MnO_4)_2 = \frac{24}{262}\times 100 = 9/16\ \%$$

۷۷۹- کدام یک از ترکیبات داده شده، به ترتیب از راست به چپ، دارای بیش‌ترین و کم‌ترین نسبت مجموع جفت الکترون‌های ناپیوندی به مجموع جفت الکترون‌های پیوندی‌اند؟

a) نیتریک اسید　　b) $COBr_2$　　c) ICl_2^-　　d) بور هیدروکسید

۱) a و b　　۲) a و c　　۳) b و d　　۴) c و d

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. به جدول زیر توجه کنید:

ترکیب	نیتریک اسید	$COBr_2$	ICl_2^-	$B(OH)_3$
ساختار لوئیس				
مجموع جفت الکترون ناپیوندی	۷	۸	۹	۶
مجموع جفت الکترون پیوندی	۵	۴	۲	۶
مجموع جفت الکترون ناپیوندی / مجموع جفت اکلترون پیوندی	$\frac{۷}{۵}=۱/۴$	$\frac{۸}{۴}=۲$	$\frac{۹}{۲}=۴/۵$	$\frac{۶}{۶}=۱$

۷۸۰- نام دیگر نیتروژن (V) اکسید و فسفر (V) اکسید، کدام است؟

۱) نیتروژن پنتااکسید، فسفر پنتااکسید　　۲) نیتروژن پنتا اکسید، تترا فسفردکااکسید

۳) دی نیتروژن پنتا اکسید، تترا فسفر دکااکسید　　۴) دی نیتروژن پنتا اکسید، دی فسفر پنتا اکسید

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. N_2O_5، نیتروژن (V) اکسید و یا دی‌نیتروژن پنتا اکسید است و P_4O_{10}، فسفر (V) اکسید یا تترا فسفر دکا اکسید است.

۷۸۱- در مولکول آسپیرین .... اتم دارای سه قلمرو الکترونی‌اند، .... پیوند دوگانه در ساختار آن وجود دارد و امکان تشکیل پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آن وجود ....

۱) ۸ ، ۵ ، ندارد.　　۲) ۸، ۵ ، دارد.　　۳) ۶ ، ۳ ، ندارد.　　۴) ۶ ، ۳، دارد.

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به ساختار آسپرین ۸ اتم کربن، شامل کربن‌های حلقه‌ی بنزنی و دو کربن موجود در $\overset{O}{\underset{C}{||}}$ ، دارای سه قلمرو الکترونی‌اند، ۵ پیونددوگانه در ساختار آن وجود دارد و به دلیل وجود عامل OH - امکان تشکیل پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آن وجود دارد.

۷۸۲- پروپین با ۲- پروپانول در کدام مورد مشابه است؟ $\left(O = ۱۶ , C = ۱۲ , H = ۱ : g.mol^{-۱}\right)$

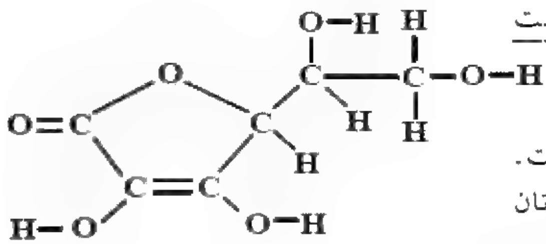
۱) در عدد اکسایش دو اتم کربن در مولکول آن‌ها
۲) درصد جرمی هیدروژن
۳) انحلال‌پذیری در آب
۴) مجموع شمار جفت الکترون‌های پیوندی

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. عدد اکسایش دو کربن در مولکول پروپین و ۲- پروپانول یکسان است.
در مورد سایر گزینه‌ها
انحلال‌پذیری ۲- پروپانول به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی بیش‌تر است. پروپین ۸ جفت و ۲- پروپانول، ۱۱جفت الکترون پیوندی دارند، و درصد جرمی هیدروژن در آن‌ها متفاوت است.

(پروپین) $C_۳H_۴$ در H درصد جرمی $\frac{۴}{۴۰} \times ۱۰۰ = ۱۰ \%$

(۲- پروپانول) $C_۳H_۸O$ در H درصد جرمی $= \frac{۸}{۶۰} \times ۱۰۰ = ۱۳/۳ \%$

۷۸۳- با توجه به ساختار مولکولی ترکیب روبه‌رو، کدام عبارت نادرست است؟



۱) گروه عاملی اتری و استری در ساختار آن شرکت دارد.
۲) شمار قلمروهای الکترونی اتم‌های اکسیژن در آن یکسان نیست.
۳) شمار اتم‌های کربن مولکول آن با مولکول ۲، ۲- دی متیل بوتان یکسان است.
۴) شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی در مولکول آن از مولکول اگزالیک اسید بیش‌تر است.

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است.
۱) این ترکیب داری ۴ گروه الکلی و یک گروه استری و یک گروه عاملی آلکن می‌باشد.
۲) در این ترکیب ۵ اتم اکسیژن دارای ۴ قلمرو الکترونی و یک اتم اکسیژن دارای ۳ قلمرو الکترونی است.
۳) این ترکیب مانند ۲ و ۲- دی متیل بوتان $(C_۶H_{۱۴})$ دارای ۶ اتم کربن است.
۴) این ترکیب دارای ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی می‌باشد، در حالی که اگزالیک اسید، ۸ جفت الکترون ناپیوندی دارد.

۷۸۴- اگر ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروکسید بتواند درواکنش کامل با فسفریک اسید، ۰/۱ مول سدیم فسفات در آب تشکیل دهد، غلظت این محلول، برابر چند مول بر لیتر است؟

۱) ۲/۸
۲) ۲/۵
۳) ۱/۴
۴) ۱/۲

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است.

$$۳NaOH + Na_۳PO_۴ \Rightarrow \frac{۳ \times ۱۰۰۰ \times \frac{۱}{M}}{۲۵۰\ ml} = \frac{۱}{۰/۱}\ mol \Rightarrow \frac{۱۲}{M} = ۱۰ \Rightarrow M = ۱/۲\ \frac{mol}{L}$$

۷۸۵- کدام گزینه نادرست است؟

$\left(H = ۱ , C = ۱۲ , O = ۱۶ , Na = ۲۳ , K = ۳۹ , Cr = ۵۲ , Fe = ۵۶ : g.mol^{-۱}\right)$

۱) از واکنش ۰/۲ مول سدیم هیدروکسید با بنزوییک اسید، ۲۸/۸ گرم سدیم بنزوات تشکیل می‌شود.

۲) در واکنش: $Ba(NO_۳)_۲(aq) + H_۲SO_۴(aq) \rightarrow$ ، فرآورده نامحلول در آب تشکیل می‌شود.

۳) فرآورده‌های واکنش $CuSO_۴(aq) + Na_۲S\ (aq) \rightarrow$ ، مواد محلول در آب‌اند.

۴) نسبت جرم پتاسیم به جرم کروم در پتاسیم کرومات، برابر ۰/۷۵ است.

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. فرآورده‌های واکنش در گزینه‌ی «۳»، یکی نامحلول و دیگری محلول است. اکنون گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

۱)
$$C_۶H_۵COOH + NaOH \rightarrow C_۶H_۵COONa + H_۲O$$

$$۰/۲\ mol\ NaOH \times \frac{۱\ mol\ C_۶H_۵COONa}{۱\ mol\ NaOH} \times \frac{۱۴۴\ g\ C_۶H_۶COONa}{۱\ mol\ C_۶H_۵COONa} = ۲۸/۸\ gr$$

۲)
$$Ba(NO_۳)_{۲(aq)} + H_۲SO_{۴(aq)} \rightarrow BaSO_{۴(s)} + ۲HNO_{۳(aq)}$$

۳)
$$CuSO_{۴(aq)} + Na_۲S_{(aq)} \rightarrow CuS_{(s)} + Na_۲SO_{۴(aq)}$$

۴)
$$\frac{\text{جرم}\ K\ \ K_۲Cr_۲O_۷}{\text{جرم}\ Cr\ \ K_۲Cr_۲O_۷} = \frac{\frac{۷۸}{\text{جرم مولی}\ K_۲Cr_۲O_۷}}{\frac{۱۰۴}{\text{جرم مولی}\ K_۲Cr_۲O_۷}} = \frac{۷۸}{۱۰۴} = ۰/۷۵$$

۷۸۶- در واکنش ۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۴ مولار پتاسیم هیدروکسید با محلول کوپریک نیترات کافی، با بازده ۸۰ درصد، به تقریب چند گرم کوپریک هیدروکسید می‌توان به دست آورد؟ $\left(H = ۱ , O = ۱۶ , Cu = ۶۴ : g.mol^{-۱}\right)$

۱) ۱/۹۶ ۲) ۰/۷۸۴ ۳) ۰/۹۸۵ ۴) ۱/۵۶

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است.

$$۲KOH + Cu(NO_۳)_۲ \longrightarrow Cu(OH)_۲ + ۲KNO_۳$$

$$\frac{۲ \times ۱۰۰۰ \times \frac{۱۰}{۴}}{۵۰\ ml \times \frac{۸۰}{۱۰۰}} = \frac{۹۸}{xg} \rightarrow x = ۰/۷۸۴\ g$$

۷۸۷- اگر واکنش: $N_۲(g) + ۳H_۲(g) \rightleftharpoons ۲NH_۳(g)$ ، در دمای $۱۸۷°C$ به حالت تعادل درآید و در این حالت مقدار آنتروپی حدود $J.K^{-۱}$ ۲۰۰- باشد، گرمای تشکیل گاز آمونیاک حدود چند کیلوژول بر مول است؟

۱) ۴۶+ ۲) ۹۲+ ۳) ۴۶- ۴) ۹۲-

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. چون واکنش به تعادل رسیده است، پس $\Delta G = ۰$ است.

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad , \quad T = ۲۷۳ + ۱۸۷ = ۴۶۰$

$۰ = \Delta H - ۴۶۰ (-۲۰۰) \rightarrow \Delta H = -۹۲۰۰۰ \ J = -۹۲ \ kJ$

$N_{۲(g)} + ۳H_{۲(g)} \rightleftharpoons ۲NH_{۳(g)}$

$\Delta H =$ مجموع گرمای تشکیل مولی فرآورده‌ها - مجموع گرمای تشکیل مولی واکنش‌دهنده‌ها

$-۹۲ = ۲ \times \Delta H_f NH_۳ - ۰ \rightarrow \Delta H_f NH_۳ = -۴۶ \ kJ.mol^{-۱}$

۷۸۸- اگر در واکنش سوختن ۵/۸ گرم گاز ۲- متیل پروپان در استوانه‌ای با پیستون متحرک، مقدار $۱۰ \ kJ$ کار انجام گیردو انرژی درونی به اندازه $۲۷۷/۵ \ kJ$ کاهش یابد، آنتالپی سوختن این گاز برابر چند کیلوژول بر مول است؟

$(C = ۱۲ , H = ۱ : g.mol^{-۱})$

۱) ۲۶۷۵- ۲) ۲۸۶۵- ۳) ۲۸۷۵- ۴) ۲۸۸۵-

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به قانون اول ترمودینامیک $\Delta E = q + w$ است، انرژی درونی کاهش یافته پس $\Delta E = -۲۷۷/۵ \ kJ$ ، اما برای این که علامت کار مشخص شود باید واکنش سوختن ۲- متیل پروپان $(C_۴H_{۱۰})$ را بررسی کنیم.

$$\underbrace{C_۴H_{۱۰\,(g)} + \frac{۱۳}{۲} O_{۲(g)}}_{\text{گاز } ۷/۵ \ mol} \rightarrow \underbrace{۴CO_{۲(g)} + ۵ \ H_۲O_{(g)}}_{\text{گاز } ۹ \ mol}$$

چون مول گاز فرآورده بیش‌تر از واکنش‌دهنده‌ها است. بنابراین سیستم روی محیط کار انجام داده است و علامت کار، منفی است. $(W < ۰)$

$\Delta E = q + W$

$-۲۷۷/۵ = q - ۱۰ \rightarrow q = -۲۶۷/۵ \ kJ$

این مقدار گرما به ازای سوختن $۵/۸ \ g$ از $C_۴H_{۱۰\,(g)}$ حاصل می‌شود، برای به دست آوردن آنتالپی سوختن، باید گرمارا برای ۱ مول یعنی $۵۸ \ g$ محاسبه کنیم.

$$۱ \ mol \ C_۴H_{۱۰} \times \frac{۵۸ \ g \ H_۴H_{۱۰}}{۱ \ mol \ C_۴H_{۱۰}} \times \frac{۲۶۷/۵ \ kJ}{۵/۸ \ g \ C_۴H_{۱۰}} = ۲۶۷۵ \ kJ$$

از آن جا که واکنش سوختن گرماده است، بنابراین $\Delta H = -۲۶۷۵ \ kJmol^{-۱}$

۷۸۹- با توجه به واکنش‌های زیر، به ازای تبدیل هر گرم فسفر به فسفر پنتاکلرید، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟

$(P = ۳۱ : g.mol^{-۱})$

a) $P_۴(s) + ۶Cl_۲(g) \rightarrow ۴PCl_۳(g) \quad , \quad \Delta H = -۱۱۴۸\ kJ$

b) $PCl_۵(g) \rightarrow PCl_۳(g) + Cl_۲ \quad , \quad \Delta H = +۱۱۶\ kJ$

۱) ۱۳ ۲) ۱۵ ۳) ۱۷/۵ ۴) ۲۱/۵

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است.

واکنش تبدیل فسفر به فسفر پنتاکلرید، به صورت مقابل است. $P_{۴(s)} + ۱۰\ Cl_{۲(g)} \rightarrow ۴PCl_{۵(g)}$

واکنش a را بدون تغییر در نظر می‌گیریم: $P_{۴(s)} + ۶\ Cl_{۲(g)} \rightarrow ۴PCl_{۳(g)} \quad \Delta H_۱ = -۱۱۴۸\ kJ$

واکنش b را معکوس کرده و ۴ برابر می‌کنیم: $۴PCl_{۳(g)} + ۴Cl_{۲(g)} \rightarrow ۴PCl_{۵(g)} \quad \Delta H_۲ = -۴۶۴\ kJ$

$P_{۴(s)} + ۱۰\ Cl_{۲(g)} \rightarrow ۴PCl_{۵(s)} \quad \Delta H = \Delta H_۱ + \Delta H_۲ = -۱۶۱۲\ kJ$

$$۱\ g\ P_۴ \times \frac{۱\ mol\ P_۴}{۱۲۴\ g\ P_۴} \times \frac{۱۶۱۲\ kJ}{۱\ mol\ P_۴} = ۱۳\ kJ$$

تذکر: برای به دست آوردن گرمای آزاد شده به ازای ۱ گرم $P_۴$ می‌توانید به طریق زیر هم عمل کنید.

$$P_۴ \sim \Delta H = -۱۶۱۲ \Rightarrow \frac{۴ \times ۳۱}{۱\ g} = \frac{۱۶۱۲}{xg} \Rightarrow x = ۱۳\ kJ$$

۷۹۰- با توجه به واکنش‌های داده شده، انرژی تشکیل کلسیم کربنات برابر چند $KJ.mol^{-۱}$ است؟

$۲CaO\ (s) \rightarrow ۲Ca(s) + O_۲(g) \quad , \quad \Delta H = +۱۲۷۰\ KJ$

$CaCO_۳\ (s) \rightarrow CaO(s) + CO_۲(g) \quad , \quad \Delta H = +۱۸۰\ KJ$

$C(s) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) \quad , \quad \Delta H = -۳۹۳\ KJ$

۱) ۱۴۸۳- ۲) ۱۲۰۸- ۳) ۱۱۱۸- ۴) ۶۹۷-

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است.

واکنش تشکیل کلسیم کربنات به شکل روبه‌رو است: $Ca_{(s)} + C_{(s)} + \frac{۳}{۲} O_{۲(g)} \rightarrow CaCO_{۳(s)}$

واکنش دوم را معکوس می‌کنیم: $CaO_{(s)} + CO_{۲(g)} \rightarrow CaCO_{۳(s)} \quad \Delta H_۱ = -۱۸۰\ kJ$

واکنش اول را معکوس کرده و در $\frac{۱}{۲}$ ضرب می‌کنیم.

$Ca_{(s)} + \frac{۱}{۲} O_{۲(g)} \rightarrow CaO_{(s)} \quad \Delta H_۲ = -۶۳۵\ kJ$

واکنش سوم را بدون تغییر در نظر می‌گیریم. $C_{(s)} + O_{۲(g)} \rightarrow CO_{۲(g)} \quad \Delta H_۳ = -۳۹۳\ kJ$

$Ca_{(s)} + C_{(s)} + \frac{۳}{۲} O_{۲(g)} \rightarrow CaCO_{۳(s)} \quad \Delta H = \Delta H_۱ + \Delta H_۲ + \Delta H_۳ = -۱۲۰۸\ kJ.mol^{-۱}$

۷۹۱- درصد جرمی سدیم هیدروکسید در محلول ۶/۲۵ مولال آن کدام است؟

$\left(H = ۱ , O = ۱۶ , Na = ۲۳ : g.mol^{-۱}\right)$

۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. محلول ۶/۲۵ مولال سدیم هیدروکسید یعنی ۶/۲۵ مول سدیم هیدروکسید (معادل $۲۵۰ \ g = ۴۰ \times ۶/۲۵$) در $۱۰۰۰ \ g$ آب (حلال)

محلول = حلال + حل شونده $= ۱۰۰۰ + ۲۵۰ = ۱۲۵۰ \ g$

درصد جرمی $= \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰ = \frac{۲۵۰}{۱۲۵۰} \times ۱۰۰ = ۲۰$

۷۹۲- محلولی از $CaSO_۴$ در ۵۰۰ گرم آب در دمای معین، دارای یک گرم یون کلسیم است. چند گرم دیگر $CaSO_۴(s)$ در آن حل می‌شود (انحلال‌پذیر $CaSO_۴$ در این شرایط برابر ۱/۰۲ گرم در ۱۰۰ گرم آب است.)

$\left(Ca = ۴۰ , CaSO_۴ = ۱۳۶ : g.mol^{-۱}\right)$

۱) صفر ۲) ۱/۵ ۳) ۱/۷ ۴) ۴/۱

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. انحلال‌پذیری $CaSO_۴$ ، $۱/۰۲ \ g$ در $۱۰۰ \ g$ آب است. ابتدا مقدار گرم $Ca^{۲+}$ که در این شرایط در $۱۰۰ \ g$ آب حل می‌شود را محاسبه می‌کنیم.

$$CaSO_۴ \rightarrow Ca^{۲+} + SO_۴^{۲-}$$

$$\frac{۱۳۶}{۱/۰۲ \ g} = \frac{۴۰}{xg} \rightarrow x = ۰/۳ \ g$$

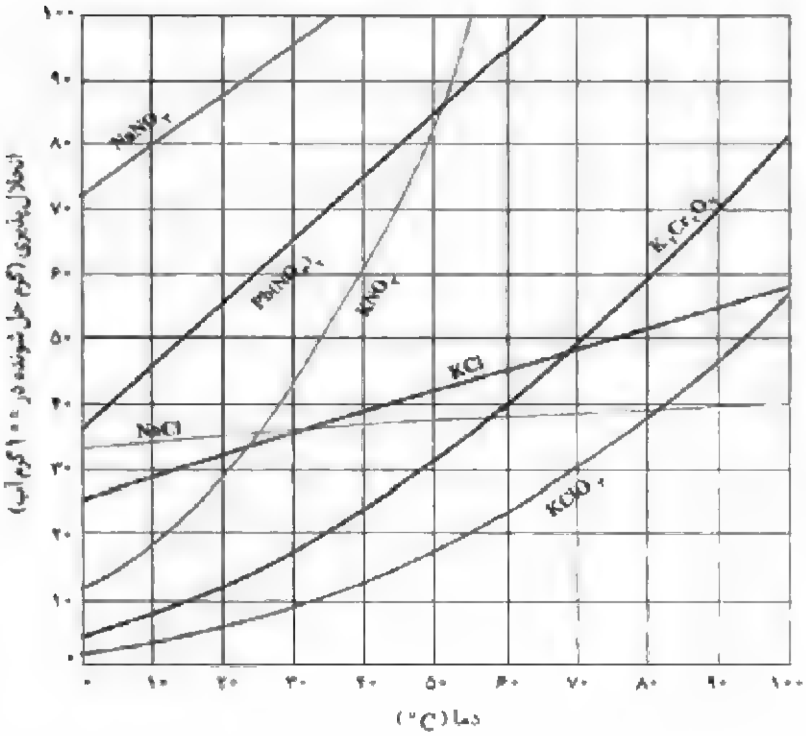
یعنی در $۱۰۰ \ g$ آب $۰/۳ \ g$ یون $Ca^{۲+}$ حل می‌شود. پس در $۵۰۰ \ g$ آب $۱/۵ \ g = ۵ \times ۰/۳$ یون $Ca^{۲+}$ حل می‌شود. از آن جا که محلول ذکر شده در سؤال در $۵۰۰ \ g$ آب، دارای ۱ گرم $Ca^{۲+}$ است، پس می‌توان ۰/۵ گرم دیگر یون $Ca^{۲+}$ در آن حل کرد. اکنون مقدار $CaSO_۴$ را محاسبه می‌کنیم:

$$CaSO_۴ \rightarrow Ca^{۲+} + SO_۴^{۲-}$$

$$\frac{۱۳۶}{xg} = \frac{۴۰}{۰/۵ \ g} \rightarrow x = ۱/۷ \ g$$

۷۹۳- در چهار ظرف دارای g ۳۰۰ آب در دمای $۲۰^\circ C$، به ترتیب از راست به چپ، g ۱۰۰ از ترکیب‌های سرب (II) نیترات (A)، پتاسیم کلرات (B)، پتاسیم نیترات (C) و پتاسیم دی کرومات (D) اضافه و پس از هم زدن، محلول ازمواد جامد باقی مانده جداسازی شده است. ترتیب چگالی محلول‌های به دست آمده، کدام است؟ (از تغییر حجم حلال، چشم‌پوشی شود.)

۱) $A > B > C > D$
۲) $B > A > C > D$
۳) $B > D > C > A$
۴) $A > C > D > B$



گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به نمودار، حلالیت نمک‌ها را در g ۱۰۰ آب به دست می‌آوریم و با ضرب کردن اعداد به دست آمده در ۳، حلالیت در g ۳۰۰ آب را به دست می‌آوریم.

نمک	انحلال پذیری (در g ۱۰۰ آب)	حلالیت (در ۳۰۰ گرم آب)	پس از حل کردن g ۱۰۰ از هر ترکیب در ۳۰۰ گرم آب ....
(A) $Pb(NO_۳)_۲$	۵۵ g	۱۶۵ g	همه g ۱۰۰ حل می‌شود.
(B) $KClO_۳$	۵ g	۱۵ g	g ۱۵ حل می‌شود و g ۸۵ ماده جامد باقی می‌ماند.
(C) $KNO_۳$	۳۰ g	۹۰ g	g ۹۰ حل می‌شود و g ۱۰ ماده جذب باقی می‌ماند.
(D) $K_۲Cr_۲O_۷$	۱۲ g	۳۶ g	g ۳۶ حل می‌شود g ۶۴ ماده جامد باقی می‌ماند.

فرمول چگالی $\rho = \frac{m}{V}$ می‌باشد، و با توجه به ثابت بودن حجم، موردی که جرم حل‌شونده بیش‌تری دارد، چگالی بیش‌تری دارد. $A > C > D > B$

۷۹۴- برای تهیه‌ی ۲۰۰ mL محلول با غلظت ۱۰ ppm از یون‌های کلرید، به تقریب چند گرم کلسیم کلرید با خلوص ۷۸ درصد لازم است؟ $(Ca = ۴۰\ ,\ Cl = ۳۵/۵ : g.mol^{-1})$ (چگالی محلول برابر $g.mL^{-1}$ ۱ است.)

۱) ۸×۱۰^{-۳}　۲) ۴×۱۰^{-۳}　۳) ۲×۱۰^{-۳}　۴) ۱×۱۰^{-۳}

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است.

$$PPm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^{۶}$$

$$۱۰ = \frac{Cl^{-}\ \text{جرم}}{۲۰۰} \times ۱۰^{۶} \rightarrow Cl^{-}\ \text{جرم} = ۲ \times ۱۰^{-۳}\ g$$

$$CaCl_۲ \rightarrow Ca^{۲+} + ۲Cl^{-}$$

$$CaCl_۲ \sim ۲Cl^{-}\quad \frac{۱۱۱}{xg \times \frac{۷۸}{۱۰۰}} = \frac{۲ \times ۳۵/۵}{۲ \times ۱۰^{-۳}} \rightarrow x = ۴ \times ۱۰^{-۳}\ g$$

۷۹۵- رابطه‌ی قانون سرعت برای واکنش فرضی $A \rightarrow B$ به صورت: $k[A]^{۲}$ = سرعت، است. پس از تبدیل ۹۰ درصد ماده A به فراورده، سرعت واکنش چند برابر سرعت آغازی آن خواهد بود؟

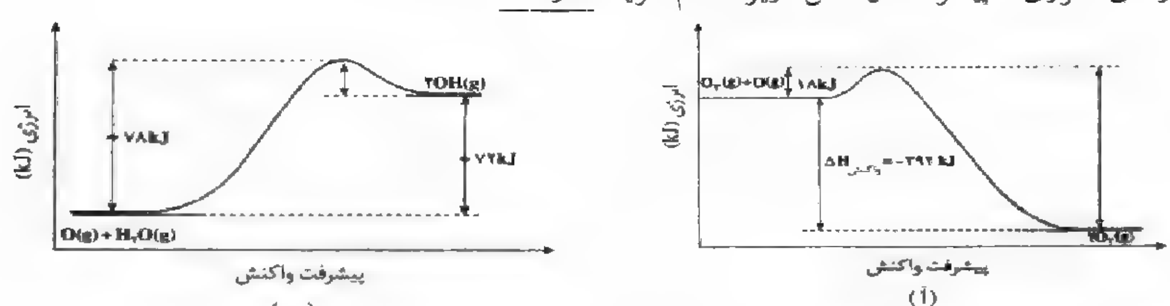
۱) ۰/۰۱　۲) ۰/۱　۳) ۰/۰۹　۴) ۰/۹

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. پس از تبدیل ۹۰ درصد ماده A به ماده‌ی B، ۱۰ درصد ماده A باقی می‌ماند.

$$R_۱ = K[A]^{۲}$$

$$R_۲ = K\left(\frac{۱}{۱۰}[A]\right)^{۲} = \frac{۱}{۱۰۰} \times K[A]^{۲} = ۰/۰۱\ R_۱$$

۷۹۶- با توجه به نمودارهای «انرژی - پیشرفت واکنش» زیر، کدام گزینه نادرست است؟



۱) واکنش: $۲OH(g) \rightarrow H_۲O(g) + O(g)$، با آزاد شدن ۷۸ کیلوژول گرما همراه است.

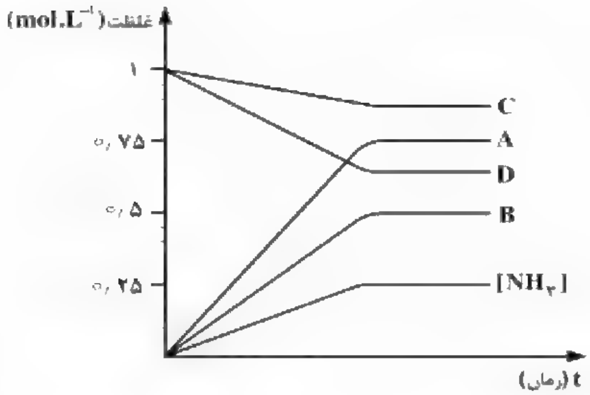
۲) دو واکنش از نگاه آنتالپی با هم تفاوت دارند اما از نگاه مقدار کار، وضعیت مشابه دارند.

۳) انرژی فعال‌سازی واکنش آ در جهت رفت، سه برابر انرژی فعال‌سازی واکنش ب، در جهت برگشت است.

۴) سرعت واکنش آ، بیش‌تر است و تشکیل هر مول گاز اکسیژن با آزاد شدن ۱۹۶ کیلوژول گرما همراه است.

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. واکنش $۲OH_{(g)} \rightarrow H_۲O_{(g)} + O_{(g)}$ واکنش برگشت نمودار «ب» است و در طی آن ۷۲ کیلوژول گرما آزاد می‌شود.

۷۹۷- اگر نمودار زیر، نشان‌دهنده‌ی تغییر غلظت آمونیاک در فرایند هابر باشد که در یک ظرف ۱۰ لیتری و با ۱۰ مول از هر یک از واکنش‌گرها آغاز شده است، کدام نمودار به تغییر غلظت هیدروژن مربوط است؟



۱) A

۲) B

۳) C

۴) D

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است.

$$N_{۲(g)} + ۳H_{۲(g)} \rightleftharpoons ۲NH_{۳(g)}$$

غلظت اولیه گازهای $N_۲$ و $H_۲$ برابر $\frac{۱۰}{۱۰} = ۱\ mol.L^{-۱}$ است و چون واکنش‌دهنده هستند، نمودار غلظت - زمان آن‌ها نزولی است. با توجه به ضریب استوکیومتری $N_۲$ و $H_۲$، تغییر غلظت $H_۲$، سه برابر $N_۲$ است.

۷۹۸- سه مول $H_۲(g)$ و یک مول $CS_۲(g)$ در یک ظرف یک لیتری مطابق واکنش زیر، به تعادل می‌رسند. اگر در لحظه تعادل از واکنش‌دهنده اضافی ۰/۵ مول در ظرف باقی‌مانده باشد، ثابت تعادل این واکنش برابر چند $L.mol^{-۱}$ است؟

$$۴H_۲(g) + CS_۲(g) \rightleftharpoons ۲H_۲S(g) + CH_۴(g)$$

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۱۰

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است.

$$۴H_{۲(g)} + CS_{۲(g)} \rightleftharpoons ۲H_۲S_{(g)} + CH_{۴(g)}$$

	H_2	CS_2	H_2S	CH_4
غلظت اولیه	۳	۱	۰	۰
تغییر غلظت	-۴x	-x	+۲x	+x
غلظت تعادلی	۳ - ۴x	۱ - x	+۲x	x

$۱ - x = ۰/۵ \rightarrow x = ۰/۵$

$$K = \frac{[H_۲S]^۲\ [CH_۴]}{[H_۲]^۴\ [CS_۲]} = \frac{۱^۲ \times (۰/۵)}{۱^۴ \times (۰/۵)} = ۱\quad L^۲.mol^{-۲}$$

۷۹۹- با توجه به این که در واکنش: $۲NO(g) + ۲H_۲(g) \rightarrow N_۲(g) + ۲H_۲O\ (g)\ ,\ \Delta H < ۰$ ، یک گونه واسطه تشکیل می‌شود، کدام گزینه درباره‌ی آن نادرست است؟

۱) یک واکنش دو مرحله‌ای است.

۲) سرعت کلی واکنش، تابع سرعت مرحله کندتر آن است.

۳) با انجام آن در ظرف دربسته به صورت هم دما، فشار درون ظرف کاهش می‌یابد.

۴) یک واکنش کاتالیز شده‌ی همگن است و پایداری گونه واسطه از پایداری فراورده‌ها بیش‌تر است.

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. همواره سطح انرژی گونه واسطه از واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها بالاتر است و ناپایدارتر است.

۸۰۰- به ۱۰۰ میلی‌لیتر از یک محلول بافر که در آن غلظت اسید و نمک یکسان و برابر ۰/۱ مولار است $\left(K_a = ۱۰^{-۵}\right)$, ۵۰ mL هیدروکلریک اسید، با غلظت ۰/۵ مولار اضافه شده است. pH تقریبی محلول به دست آمده، کدام است؟

۱) ۱ ۲) ۱/۲ ۳) ۲ ۴) ۲/۲

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. محلول بافر شامل یک اسید ضعیف و نمک آن با باز قوی است.

$$\begin{cases} HA \underset{۲}{\overset{۱}{\rightleftharpoons}} H^+ + A^- \\ NaA \rightarrow Na^+ + A^- \end{cases}$$

در صورت افزودن اسید $\left(H^+\right)$ به محلول بافر، H^+ اضافه شده با یون A^- تولید اسید ضعیف HA می‌کند یعنی تعادل در جهت (۲) جابه‌جا می‌شود.

در این جا ۰/۰۲۵ مول اسید (یعنی H^+) به محلول بافر اضافه شده است. زیرا:

$$۵۰\ ml\ HCl \times \frac{۱\ LHCl}{۱۰۰۰\ ml\ HCl} \times \frac{۰/۵\ mol\ HCl}{۱\ LHCl} = ۰/۰۲۵\ mol\ HCl$$

از طرفی در محلول بافر اولیه ۰/۰۱ مول A^- و ۰/۰۱۰ مول A^- تعادل را در جهت (۲) جابه‌جا می‌کند اما ۰/۰۱۵ = ۰/۰۱ - ۰/۰۲۵ مول H^+ در محلول باقی می‌ماند. اکنون $\left[H^+\right]$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\left[H^+\right] = \frac{۰/۰۱۵\ mol}{۰/۰۵۰\ L\ +\ ۰/۱۰۰\ L} = ۰/۱\ mol.L^{-۱}$$

$$PH = -\ Log\ \left[H^+\right] = -\ Log\ ۱۰^{-۱} = ۱$$

۸۰۱- در صورتی که ۱ mL از محلول غلیظ اسید قوی HA با چگالی ۲/۵ $g.mL^{-1}$ تا ۱۰۰ mL رقیق و به آن ۰/۱۶ g سدیم هیدروکسید افزوده شود، محلولی با pH = ۲ حاصل می‌شود. درصد جرمی محلول اسید اولیه کدام است؟

$\left(M_{NaOH} = ۴۰ , M_{HA} = ۱۵۰ : g.mol^{-1}\right)$

۱) ۶ ۲) ۲۴ ۳) ۳۰ ۴) ۳۶

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا مقدار مول اسید خنثی شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\underset{۰/۱۶\,g}{\overset{۴۰}{NaOH}} + \underset{x\,mol}{\overset{۱}{OH}} \rightarrow \quad x = ۰/۰۰۴\ mol$$

بعد از خنثی شدن با سود، غلظت اسید باقی مانده $۱۰^{-۲}$ مولار است.

$$M = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۲}$$

اکنون مول باقی مانده از اسید را حساب می‌کنیم:

$$M = \frac{n}{V} \rightarrow ۱۰^{-۲} = \frac{n}{۱۰^{-۱}} \rightarrow n = ۱۰^{-۳}\ mol$$

پس مول اولیه‌ی اسید شامل ۰/۰۰۱ مول اسید باقی‌مانده به علاوه ۰/۰۰۴ مول اسید مصرف شده است:

$$۰/۰۰۴ + ۰/۰۰۱ = ۰/۰۰۵$$

اکنون غلظت مولی اسید اولیه را حساب می‌کنیم:

$$C_M = \frac{۰/۰۰۵}{۰/۰۰۱} = ۵\ mol.L^{-۱}$$

و بعد غلظت درصد اسید را به دست می‌آوریم.

$$C_M = \frac{۱۰\ ad}{M} \rightarrow ۵ = \frac{۱۰ \times a \times ۲/۵}{۱۵۰} \rightarrow a = ۳۰\ g$$

۸۰۲- بر اثر حل شدن چند مول از یک اسید HA که pK_a آن برابر صفر است، در یک لیتر آب مقطر، pH محلول به صفر می‌رسد؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است.

$$P_{Ka} = -Log\ Ka = ۰ \rightarrow Ka = ۱$$

$$pH = ۰ \rightarrow ۱۰^{-pH} = M.\ n.\ \alpha \rightarrow ۱۰^{۰} = ۱ = M.\alpha$$

$$Ka = ۱ = \frac{M\alpha^{۲}}{۱ - \alpha} \rightarrow ۱ = \frac{M\alpha \times \alpha}{۱ - \alpha} \rightarrow \frac{\alpha}{۱ - \alpha} \rightarrow ۱ - \alpha = \alpha \rightarrow ۲\alpha = ۱ \rightarrow \alpha = \frac{۱}{۲}$$

$$۱ = M \times \frac{۱}{۲} \rightarrow M = ۲\ \frac{mol}{L}$$

اگر از تغییر حجم محلول صرف‌نظر کنیم:

$$M = \frac{n}{V} \rightarrow ۲ = \frac{n}{۱} \rightarrow n = ۲\ mol$$

۸۰۳- اگر به جای اتم‌های هیدروژن درمولکول فرمالدهید، گروه‌های متیل قرار گیرند، ماده به دست آمده فاقد کدام ویژگی است؟

۱) در آب به هر نسبتی حل می‌شود و چربی‌ها را در خود حل می‌کند.
۲) مجموع عددهای اکسایش اتم‌های کربن در آن، برابر ۶- است.
۳) ایزومر پروپانال است و خاصیت کاهندگی چشم‌گیری ندارد.
۴) فرمول تجربی آن با فرمول مولکولی کتن متفاوت است.

گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. ۴- = ۳ - ۲ + ۳- = مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن
فرمول تجربی استون، C_3H_6O است و فرمول مولکولی کتن C_3H_2O است. استون در آب به هر نسبتی حل می شود، ایزومر پروپانال است و کتون‌های کاهنده نیستند.

۸۰۴- در فرایند برقکافت آب نمک غلیظ نسبت جرمی گاز آزاد شده در آند به جرم آزاد شده در کاتد، .... است و حجم آن‌ها در شرایط یکسان .... است. $(H = ۱ , O = ۱۶ , Na = ۲۳ , Cl = ۳۵/۵ : g.mol^{-1})$

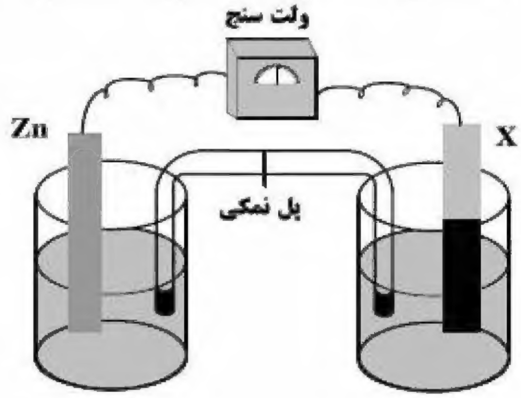
۱) ۷۱، برابر ۲) ۷۱، نابرابر ۳) ۳۵/۵، برابر ۴) ۳۵/۵ ، نابرابر

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. در برقکافت آب نمک غلیظ در آند، گاز کلر و در کاتد گاز هیدروژن آزاد می‌شود. در آند، در رقابت بین Cl^- و H_2O ، یون Cl^- ، اکسایش می‌یابد و طبق نیم‌واکنش $۲Cl^- \rightarrow Cl_2 + ۲e^-$ ، گاز کلر آزاد می‌شود و در کاتد، در رقابت بین Na^+ و H_2O ، H_2O کاهش می‌یابد و طبق نیم واکنش $۲H_2O + ۲e^- \rightarrow ۲OH^- + H_2$ گاز هیدروژن ایجاد می‌شود.

$$\frac{\text{جرم } Cl_2}{\text{جرم } H_2} = \frac{۷۱}{۲} = ۳۵/۵$$

تذکر: در شرایط یکسان، مول‌های برابر از گازهای مختلف، حجم یکسانی دارند.

۸۰۵- با توجه به شکل روبه‌رو که طرح ساده‌ای از یک سلول گالوانی را نشان می‌دهد، اگر X الکترود استاندارد فلز .... باشد، ....



$E^\circ(Zn^{۲+}(aq) / Zn(s)) = -۰/۷۶\ V$

$E^\circ(M^{۲+}(aq) / M(s)) = -۱/۱۸\ V$

$E^\circ(M'^{۲+}(aq) / M'(s)) = +۱/۲۷$

۱) M'، کاتیون‌های پل نمکی در محلول الکترود روی وارد می‌شوند.

۲) M ، با انجام واکنش در سلول، از جرم تیغه روی کاسته می‌شود.

۳) M' ، الکترود روی آندو E° سلول برابر ۰/۴۴ ولت است.

۴) M ، الکترود روی کاتد و E° سلول برابر ۰/۴۲ ولت است.

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به پتانسیل کاهش عناصر، ترکیب کاهندگی عناصر به ترتیب $M' < Zn < M$ می‌باشد.

- در سلول (M - Zn) ,M آند و Zn کاتد است و E' سلول برابر است با:

$E^\circ = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} = (۰/۷۶) - (-۱/۱۸) = ۰/۴۲۷$ (گزینه‌ی «۴» درست است.)

در این حالت از جرم تیغه‌ی M (آند) کاسته می‌شود. (گزینه‌ی «۲» نادرست است.)

- در سلول (Zn - M') Zn آند و M' کاتد است و E° سلول برابر است با:

$E^\circ = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} = ۱/۲ - (-۰/۷۶) = ۱/۹۶۷$ (گزینه‌ی «۳» نادرست است.)

- پل نمکی همواره کاتیون‌ها را به سمت کاتد (در اینجا M') وارد می‌کند. (گزینه‌ی «۱» نادرست است.)

۸۰۶- اگر برقکافت یک سلول الکترولیتی با ولتاژ ۱/۵ ولت قابل انجام باشد، با اتصال سلول گالوانی استاندارد تشکیل شده از الکترودهای کدام دوفلز به آن، برقکافت در آن انجام می‌شود؟

$A^{۲+}(aq) / A(s) = -۰/۷۶\ V$ و $D^{۲+}(aq) / D(s) = +۰/۸۰\ V$

$B^{۳+}(aq) / B(s) = -۰/۴۴\ V$ و $E^{۲+}(aq) / E(s) = +۰/۳۴\ V$

۱) A و D ۲) B و D ۳) B و E ۴) D و E

گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. سلول گالوانی که بتواند این برقکافت را انجام دهد، باید ولتاژ ۱/۵ ولت یا بیش‌تر داشته باشد.

۱) $E^\circ_{(A-D)} = ۰/۸ - (-۰/۷۶) = ۱/۵۶$ ولت

۲) $E^\circ_{(B-D)} = ۰/۸ - (-۰/۴۴) = ۱/۲۴$ ولت

۳) $E^\circ_{(B-E)} = ۰/۳۴ - (-۰/۴۴) = ۰/۷۸$ ولت

۴) $E^\circ_{(E-D)} = ۰/۸ - ۰/۳۴ = ۰/۴۶$ ولت